

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-154706

(43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/316
H01L 21/31
// H01L 21/76

(21)Application number : 09-308990

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 11.11.1997

(72)Inventor : XIA LI-QUN
SRINIVAS NEMANI
YIEH ELLIE

(30)Priority

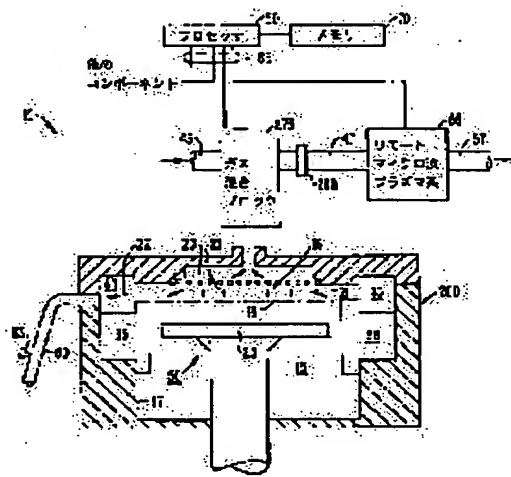
Priority number : 96 746631 Priority date : 13.11.1996 Priority country : US

(54) METHOD AND DEVICE OF SEPARATING SHALLOW TRENCH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To cut down the processing time for reducing the water content in high aspect ratio deposited film further minimizing the metallic or residual pollution, by a method wherein a dielectric film by CVD is deposited on a substrate in a vacuum chamber at a specific pressure for heating the substrate up to a specific temperature.

SOLUTION: A BSG bulk film as a doped dielectric layer is deposited by heating a wafer and heater at the temperature of about 500° C preferably exceeding 500° C while maintaining this temperature in the depositing process. At this time, a vacuum chamber together with a closed gate valve 280 are maintained within the pressure range of about 10torr-760torr preferably about 400torr-600 torr. In such a constitution, a process gas containing TES as a boron source, TEOS as a silicon source and ozone as an oxygen gas source are produced, and after evaporating the TEB and TEOS source in liquid, the process gasses are blended with an inert carrier gas such as helium.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The step which is the approach of making the substrate on a heater depositing an insulating layer within a chamber, and heats said heater in temperature of about 500 degrees C at least within said chamber; the approach containing step: on which introduce into step, oxygen, and silicon which pressurize said chamber at the pressure of about 10 torr(s) - 760torr to said chamber, and said substrate on said heater of said temperature is made to deposit an oxidation silicone film.

[Claim 2] The approach according to claim 1 said temperature is about 600 degrees C at least.

[Claim 3] The approach according to claim 1 said temperature is about 650 degrees C at least.

[Claim 4] The approach according to claim 1 said temperature is about 750 degrees C at least.

[Claim 5] The approach according to claim 1 which there is little moisture of said silicon oxide, it is the film with the small high consistency of shrinkage, and does not have a void after about 1000-degree C heating step.

[Claim 6] Said silicon oxide is TEOS and O₃. The approach according to claim 1 of depositing by introducing to said chamber.

[Claim 7] The approach according to claim 1 of containing further the step which oxygen, silicon, and a dopant are introduced [step] to said chamber, and makes a dope oxidation silicone film deposit on said gap of at least one piece before making said silicon oxide deposit.

[Claim 8] The approach according to claim 7 said dopant sent to said substrate, including further the step which removes said dope oxidation silicone film from said gap of at least one piece after the dopant from said dope oxidation silicone film is sent to said substrate, and before making said silicon oxide deposit gives channel stop diffusion to said substrate of the front face of said gap of at least one piece.

[Claim 9] The approach according to claim 8 by which said dopant consists of boron.

[Claim 10] The approach according to claim 8 by which said dopant consists of Lynn.

[Claim 11] The approach according to claim 9 said boron is a thing from TEB.

[Claim 12] The approach according to claim 10 said Lynn is a thing from TEPO.

[Claim 13] The substrate processor containing the following component. vacuum chamber [of the pressure of about 10 torr(s) - 760torr]; -- gas distribution manifold; located in said housing which introduces reactant gas to said vacuum chamber -- ceramic-heater; holding a wafer which heats in temperature of about 500 degrees C at least -- a means make the insulating layer which contains non-doping silicate glass (USG) at said temperature deposit on said wafer from the silicon in said reactant gas introduced from said gas distribution manifold to said vacuum chamber, and the reaction of oxygen.

[Claim 14] The system according to claim 13 which contains the following component further. Connect with processor; which controls the source-of-supply distributive system connected with said gas distribution manifold, said ceramic heater, said vacuum system, and said deposition means, and said processor, and direct actuation of said system. Memory which memorizes the program containing the 1st set of the instruction on which said USG film made to deposit without introducing said reactant gas during the 1st hour, and an aspect ratio having a void on said trench on said wafer of about 2.5:1 at least is made to deposit.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001] Cross reference this application of related application As a joint inventor Jonathan Frankel and Hari Patent application which is called "the heater / lift assembly" for high-temperature-processing chambers with which Ponnekanti and Inna Shmurun & Visweswaren Sivaramakrishnan were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor Jonathan Frankel & Patent application; Gary Fong & Irwin Silvestre which is called "the chamber liner for high-temperature-processing chambers" with which Visweswaren Sivaramakrishnan was mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out Mentioned "remote plasma system Patent application which is called substrate processor" attached in the bottom and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as an artificer Patent application which is called "the lift assembly for high-temperature-processing chambers" with which Jonathan Frankel was mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor In "heat (non-plasma) processing in which Visweswaren Sivaramakrishnan & Gary Fong was mentioned Patent application which is called system and approach" which detects the end of chamber clarification and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor Jonathan Frankel and Inna Patent application which is called "the lid assembly for high-temperature-processing chambers" with which Shmurun and Visweswaren Sivaramakrishnan & Eugene Fukshanski were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor Patent application which is called "the washing approach of the front face in a substrate processing system and equipment" with which Gary Fong, Li-Qun Xia, and Srinivas Nemani & Ellie Yieh were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor A fluorine from "chamber ingredient front face where Li-Qun Xia, Visweswaren Sivaramakrishnan, Srinivas Nemani, and Ellie Yieh & Gary Fong were mentioned Patent application which is called approach and equipment" which carries out gettering and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor Li-Qun Xia and Ellie Yieh & Srinivas Nemani Patent application which is called "the method of making a metal-containing dielectric layer deposit in under atmospheric pressure and a high temperature service and equipment" which were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor Visweswaren Sivaramakrishnan, Ellie Yieh, Jonathan Frankel, Li-Qun Xia, Gary Fong, Srinivas Nemani, and Irwin Patent application which is called "the high-temperature-processing system and approach" of a semi-conductor wafer by which Silvestre and Inna Shmurun & Tim Levine were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as an artificer Patent application which is called "the system which controls the temperature of vapor growth equipment and approach" by which Jonathan Frankel was mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor Patent application which is called "the approach and equipment" for the pre-stabilization plasma production for microwave clarification with which Gary Fong and Fong Chang & Long Nguyen were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out; as a joint inventor It is related with the patent application which is called "the approach of forming a super-doped field using a dope oxidation silicone film and equipment" with which Ellie Yieh, Li-Qun Xia, and Paul Gee & Bang Nguyen were mentioned and by which coincidence application and joint transfer were carried out. Each of the above-mentioned reference application is the grantee of this invention. It shall be transferred to Applied Materials and the publication of those specifications shall be included in this application specification.

[0002] Background this invention of invention relates to semi-conductor processing. Furthermore, this invention relates to the approach and equipment with which moisture content forms few [and] small dielectric films of shrinkage covering the description of the high aspect ratio in temperature higher than about 500 degrees C at a detail. The example of this invention is useful, especially although a dope dielectric film like the Holin silicate glass (BPSG) film, the borosilicate (BSG) film, or the Lynn silicate glass (PSG) film is deposited and a part for example, for the source / drain joint and the super-****** dope field used as a channel stop diffusion part of shallow trench separation are formed. Furthermore, the example of this invention is used in order to make the dope dielectric film used as a metal-containing dielectric (PMD) layer, the dielectric (IMD) layer between metals, or other dielectric layers deposit. Since the non-doping dielectric film of the shallow non-doping silicate glass (USG) film used as a trench separation restoration oxide, an insulating layer, a capping layer, or other layers is deposited, other examples of this invention are used.

[0003] One of the steps main although the newest semiconductor device is manufactured is a step which forms a dielectric layer on a semi-conductor substrate. As everyone knows, this dielectric layer is deposited with chemical vapor deposition (CVD). In the conventional CVD heat treatment, reactant gas is supplied to a substrate front face, a heat induction chemical reaction (homogeneity or ununiformity) occurs, and the desired film is generated. In the conventional plasma treatment, the plasma controlled in the active substance which generates the desired film in order to give decomposition and/or energy is generated. Usually, the reaction rate in heat and plasma treatment is controlled by controlling one or more sorts of the rate of flow of the following temperature, a pressure, and reactant gas.

[0004] Since this device began the form of a semiconductor device dozens of years ago and it was introduced, size has become small dramatically. Generally the integrated circuit has followed since then two year / half size method meaning the number of the devices attached in a chip doubling every two years (mostly called the principle of Moore). Today's wafer manufacturing plant is usually 0.5 micrometers. And 0.35 micrometers The description size device of skill is manufactured and tomorrow's plant will manufacture the device with the soon still smaller description size. The trouble did not consider that is important at a manufacture is before related as the description size of a device becomes small and an accumulation consistency becomes high. Especially the device with it has the description with a quantity (for example, larger than about 3:1 or 4:1) aspect ratio. [a remarkable accumulation consistency and] [high] (An aspect ratio is defined as a ratio of height to spacing of the two level difference sections.) In order to manufacture a high quality device, still severer processing is required of manufacturing those high accumulation devices, and the conventional substrate processing system is inadequate for filling those demands. It is required that the dielectric film formed in the manufacture approach of this device must deposit one on homogeneity covering those descriptions of a high aspect ratio, without leaving a gap or a void substantially. It is required that another must make shrinkage of those film small so that a void may not be visible to the deposition film of continuing heating and/or a wet etching step. However, the conventional substrate processing system which deposits a dielectric film at the temperature of less than about 450 degrees C typically cannot manufacture the good low-water-flow part film of gap-filling capacity, without opening a void substantially in consecutive heating and/or a consecutive wet etching step. As everyone knows, those gaps or voids cause that there is no dependability of the device engine performance, and other problems. In this device, the dielectric film used as PMD or an IMD layer needs good high aspect gap-filling capacity, in order to avoid the problem by those gaps or voids. Furthermore, in order to avoid the short circuit and other problems in a device, it is required that metal mixing to the wafer in a processing step should be made into the minimum. As everyone knows, the conventional substrate processing system which uses the spot plasma during processing experiences physical sputtering of the ion which attacks a chamber front face like an aluminum wall, and produces metal mixing of a substrate. Therefore, use of the spot plasma is not desirable. In order to obtain the dielectric film in which the high aspect ratio gap-filling capacity for a consistency with little moisture content to be high and for contraction to be small has a good desirable property, the improved substrate processing system which does not use the spot plasma is called for.

[0005] The high demand which forms a super-****** dope field required for a high accumulation device must be able to be filled filling those severe demands and also a substrate processing system contracting the form of a device. With the small advent of a formal device, a part for the source / drain joint and the various applications containing the channel stop diffusion part of shallow trench separation etc. are asked

for the super-****** dope field of a semi-conductor. For example, die length is 0.8 micrometers. The MOS device containing the channel of the following has the depth required for a part for the source / drain joint of about 250 nanometers (nm) to sufficient device engine performance mostly. A depth of about 0.35 micrometers. About the transistor divided by trench isolation construction, the super-****** channel stop field whose depth is about hundreds of nm is always needed. About the application which needs a super-****** dope field, dopant distribution of a dope field is uniform and it is important that control of the depth for a joint is good.

[0006] The current approach of forming a super-****** dope field like an ion implantation and gaseous diffusion is inadequate for a certain application. In those current approaches, especially the capacity that controls the depth of dopant distribution and junction is restricted as a dope field becomes thin. In an approach like an ion implantation, it is difficult to control DOPAN distribution because of the ion of the high density concentration of the front face of a semiconductor material. Moreover, an ion implantation causes damage in a semi-conductor front face, and it is made difficult that the approach of restoring the substrate damage controls the depth of junction of dopant distribution and a super-****** dope field mostly. For example, the ion which carried out the impact by high energy level relatively tends to dig a tunnel or a channel in a semiconductor material, and causes damage like a point defect. The irregular semiconductor material with which it reached and the point defect of loam ********* poured in the depth of uneven junction is fixed by performing annealing at an elevated temperature (temperature higher than about 900 degrees C). However, when annealing of the poured-in semiconductor material is performed, the depth of junction may exceed a desired thing. In an approach like gaseous diffusion, if the depth of dopant distribution and junction is controlled, control at the point which forms a super-****** dope field will become difficult. The alternative way which can control the homogeneity of a dopant and the depth of junction of a super-****** dope field is searched for as a technique advances to the device of a smaller form.

[0007] In forming a super-****** dope field, the alternative way of the current approach of an ion implantation and gaseous diffusion has use of a dope dielectric film as a source of dopant diffusion. In the alternative way, a dope dielectric film is deposited on a substrate, and in order to form a super-****** dope field, it is used as a source of a dopant diffused in a substrate. For example, a dope dielectric film is deposited at the temperature of less than 500 degrees C within a growth chamber, is heated at the temperature which exceeds 500 degrees C within another chamber succeeding like the annealing electric furnace which performs dopant diffusion, and forms a dope field. Control of the thickness of a dope dielectric film, homogeneity, and moisture content is important for forming a super-****** doped junction part efficiently with a semiconductor material. It is controlled especially about the amount of the dopant which can be used for diffusion if the thickness of a dope dielectric film and homogeneity which were deposited are controlled. If the thickness of the dope dielectric film used as a source of diffusion is restricted, it will be useful to raising the throughput of a wafer by saving deposition (and consecutive etching) time amount. Furthermore, the film which deposited even the homogeneity of a dopant on a certain homogeneity can give the diffusion by which the dopant from the film to a substrate was controlled. As everyone knows, the moisture content in a dope dielectric film reacts with the dopant combined by the crystal structure, and the dopant which can be used for the diffusion to the substrate which forms a dope field becomes small. Since those film has many dopants which can be used for use by diffusion, it is desirable to use few dope dielectric films of moisture content.

[0008] When using a dope dielectric film as a source of dopant diffusion, the conventional substrate processing system faces some problems. One problem is that it is difficult to obtain control of quantity extent about membranous thickness and homogeneity, when making a dope dielectric film deposit using the conventional system. Other problems are that it is difficult mostly to make it perform that it can use for the diffusion to the substrate with which sufficient amount of the dopant in a dope dielectric film forms a super-****** dope field. Furthermore, it acts as a barrier layer which prevents that a dopant diffuses a problem from a dope dielectric film to a substrate on the substrate front face in which it is existence of a native oxide and a super-****** dope field is formed. Those problems are stated to a detail below.

[0009] In spite of the advantage of using a dope dielectric film as a source of dopant diffusion which forms a super-****** dope field, especially the problem that it is impossible to control the thickness of a deposition dope dielectric film and homogeneity when using the conventional deposition system is concerned with two main reasons. The controllability of the homogeneity of the dopant of the super-****** dope field which will be formed if a conventional approach and equipment are used for the 1st and the thickness of a deposition

dope dielectric film and homogeneity cannot fully be controlled, and the depth of junction will decrease. For example, in the conventional continuous CVD chamber, a substrate remains on a belt and advances through each part of a chamber. The layer which has the thickness of the kind which is each part of a chamber deposits. The thickness of the deposition film is controlled by changing a belt rate, and control is limited. Furthermore, the control about the thickness of the film deposited on a different wafer and dopant homogeneity is difficult when trying to control membranous thickness and dopant concentration using a belt rate. That is, the thickness of the film deposited on a different wafer differs, it cannot expect, but the dependability between wafers is lost. It is desirable to whole effectiveness and a whole high wafer throughput to control the thickness of a deposition dopant dielectric film even to the very thin film to the 2nd. However, the conventional approach has formed the dope dielectric film by thickness with an extent of thousands of Å. Moreover, it is difficult to maintain the thickness of the thinnest possible deposition film using the system by the belt rate which controls the thickness of the deposition film. In the thick film deposited idiomatically, since the distance from which it moves before reaching a semiconductor material is large, some dopants are not used for being spread in a substrate any longer. Moreover, removal of such thick film used as a source of dopant diffusion by etching or other technique increases mostly the sum total time amount which processes a wafer. Growing up the pressure of the manufacturer who improves effectiveness, in order to shorten the time amount taken to deposit and remove, it is desirable to form the thinnest possible dope dielectric film. It is desirable for there to be the approach and equipment which can control easily the thickness of the dope dielectric film used as a source of dopant diffusion and dopant homogeneity (it is less than about 500Å in thickness in $\pm 0.2\%$ of the weight of dopant change before and behind a wafer).

[0010] Other problems accompanying using a dope dielectric film as a source of dopant diffusion of a super- \pm dope field are that sufficient quantity of a dopant must be able to use for the diffusion to a substrate. It is called for that the film and a high concentration dopant give the dopant of mostly sufficient amount for the uniform diffusion to the substrate which forms a part for super- \pm . However, there are two problems about dopant availability with sufficient water absorption and gas drainage. What has a high dope dielectric film, especially dopant concentration tends to absorb moisture, just after a wafer is exposed to perimeter moisture in a clean room (for example, when a wafer is moved to the processing chamber from which the following processing step differs from the growth chamber after deposition of a dope dielectric film in a multistage process). Next, the absorbed moisture reacts with the dopant in a dielectric film, and crystallizes the film. Even after those dopants continue and heat the wafer by performing rapid heat treatment or annealing within other chambers, it becomes impossible to use them for the diffusion to a substrate for the crystal structure which combines a dopant in the film. Therefore, water absorption decreases the amount of the dopant to the diffusion to a substrate. The gas drainage of the dopant from a dope dielectric film may also happen to everything but the problem of water absorption at a consecutive heating step. The dopant which can be used for those dopants separating from a substrate, diffusing them out of the film, and diffusing them to the substrate which forms a super- \pm dope field becomes small.

[0011] When sufficient dopant can use for diffusion, and using a dope dielectric film as a source of diffusion, a native oxide is a still important problem. the native oxide which exists on the substrate front face in which a super- \pm dope field is formed — silicon — effective — it reaches and uniform dopant diffusion is barred. Therefore, the native oxide which acts as a diffusion barrier layer over a dopant must be removed. Removal of native oxide has been performed using conventional technique like the wet etching which uses a liquid etching agent, and the dry etching using the spot plasma. However, when a liquid etching agent is used, mostly, control is difficult and may carry out over etching of the substrate. about [in which a native oxide begins to form again the substrate by which the native oxide was washed by conventional approach like wet etching] — it is desirable to process a wafer, just after there is a self-life of under about one week before and a native oxide is removed. If a native oxide is removed with the spot plasma using dry etching, plasma damage will arise on the surface of a substrate. Metal mixing may be produced for it not to be desirable, as surface plasma damage was caused and also spot plasma dry etching was described above. Therefore, it is important to remove a native oxide efficiently, without damaging a substrate front face so that a dopant can be spread to a substrate in homogeneity to a super- \pm dope field.

[0012] An improvement of quality and overall efficiency is important for manufacturing the integrated-

circuit device other than a low-water-flow part dielectric film with a high consistency with uniform thickness and high aspect ratio gap-filling capacity with little metal mixing. The important method of improving quality and overall efficiency, although a device is manufactured is washing a chamber effectively and economically. It is becoming still more important for saving both time amount and storage to delete all the down-time in a multistage process, without reaching a compromise in the quality of a wafer, growing up the pressure of the manufacturer who improves processing quality and overall efficiency. The reactant gas which separated during CVD processing and inside the processing chamber forms a layer like silicon oxide or silicon nitride on the front face of the substrate processed. Deposition of the oxide which is not desirable is produced also in a CVD system like a gas mixture box and the field between gas distribution manifolds. The oxide residue which is not desired is also deposited into this CVD process at the surroundings in the wall of an exhaust air channel and a processing chamber. If it becomes impossible to wash the residue from a CVD system as time amount is formed, the process which does not have the decomposed dependability mostly, and a defective substrate will be obtained. The impurity from the residue accumulated in the CVD system can move in a substrate top. The problem of the impurity which causes damage to the device on a substrate has relation especially about the device dimension to which today becomes still smaller. Therefore, maintenance of a CVD system is important for smooth actuation of the substrate to process, and produces amelioration of the device yield, and the engine performance of a good product.

[0013] Although a high quality device is produced, in order to improve the engine performance of a CVD system, periodical chamber washing is often called for between processings of all N wafers. If it washes without damaging a chamber and/or a substrate efficiently, the engine performance and quality of a device which were produced can be raised mostly. The quality of the above-mentioned chamber washing is improved, and also (it being carried out, without destroying vacuum sealing) and preventive maintenance chamber washing (vacuum sealing is destroyed by opening a chamber lid and wiping off a chamber physically) are performed among much periodical chamber washing. In order to perform required preventive maintenance chamber washing mostly, it is required to open other chamber parts which can close a chamber lid and a lid, and this is the procedure of requiring the time amount which blocks the usual production processing.

[0014] From the above-mentioned viewpoint, it is called for that the approach, the system, and equipment which were improved deposit a low-water-flow part dielectric film with the high consistency which has uniform thickness and high aspect ratio gap-filling capacity. Those approaches and equipment that were improved are equipped with chamber clarification with little metal mixing the optimal. It is called for that the approach and equipment which were improved form a dope dielectric film as a source of dopant diffusion for super-***** again. Without causing a significant surface damage to a silicon wafer, those approaches and equipment must be able to remove a native oxide from a dope dielectric layer efficiently, in order [being effective] to reach and to make uniform dopant diffusion perform. Furthermore, about a certain application, it is desirable to have multistage deposition and washing capacity in the single chamber by the design facilitated in order to make into the minimum time amount which washing of a different class takes. Therefore, asking are the system in which the elevated-temperature deposition with high quality sufficient effectiveness and efficient moderate washing are possible, and an approach. Especially those systems and approaches must be designed so that it may suit with the processing demanded in order to form the processing and the super-** dope field which are demanded in order to form a device with the description of a high aspect ratio.

[0015] Epitome this invention of invention offers the system for elevated-temperature (at least about 500-800 degrees C) processing, the approach, and equipment of a semi-conductor wafer. In order to make the high quality processing which produces the high accumulation device which shortens the comprehensive processing time and has the description of a high aspect ratio as an example of this invention perform, the system, the approach, and equipment which make it possible to perform a multistage processing step on that spot within the same chamber are contained. If a multistage processing step is performed within the same chamber, the control about a processing parameter will be raised, the moisture content in the deposition film will decrease considerably, and device damage will become min for metal mixing or processing residue mixing.

[0016] Especially this invention offers the elevated-temperature deposition which forms the dielectric film which has thin thickness relatively, heating, and efficient washing. The example of this invention is effective

in depositing a dope dielectric film like the Holin silicate glass (BPSG) film, the borosilicate glass (BSG) film, or the Lynn silicate glass (PSG) film, and especially forming a part for example, for the source / drain joint, and the super-****** dope field used as a channel stop diffusion part of shallow trench separation.

Furthermore, since the dope dielectric film used as a metal-containing dielectric (PMD) layer, the dielectric (IMD) layer between metals, or other dielectric layers is deposited, the example of this invention is used.

Since the non-doping dielectric film used as a still shallower trench separation restoration oxide, an insulating layer, a capping layer, or other layers is deposited, other examples of this invention are used.

[0017] The process at which the approach of this invention heats the process on which the dielectric film according [a pressure] to CVD to a substrate top within the vacuum chamber of about 10 torr(s) - 760torr is made to deposit, and this substrate to temperature higher than about 500 degrees C is included. A substrate is heated for the various purposes which perform the reflow of a deposition dielectric layer for flattening, or put in a dopant from a deposition dope dielectric layer. a process is performed at an one-step step (for example, temperature higher than 500 degrees C -- a wafer top -- the film -- deposition -- and a reflow is carried out) or a multistage step (after it deposits the film on a wafer at the temperature of less than 500 degrees C and the film accumulates, the film on a wafer is heated). In any case, it is advantageous for it to be carried out without high temperature processing removing a wafer from a vacuum chamber, and to decrease the water absorption in a dielectric film. As for high temperature processing, it is advantageous to enable the spot deposition of a dope dielectric film which has a capping layer again, and to decrease the gas drainage of a dopant from the dope film, and to reduce moisture content. In each example, reactant gas is sent to a substrate front face, a heat induction chemical reaction occurs, and a dielectric film is generated. furthermore -- or -- or the plasma controlled in order to promote decomposition of reactant gas is generated.

[0018] In a concrete example, a dielectric film is a dope thin film used as a source of dopant diffusion for super-*********. This film is deposited at temperature higher than about 500 degrees C on a substrate, and is diffused to the substrate which is further heated to an elevated temperature, temperature usually higher than 600 degrees C, and desirable temperature higher than about 700 degrees C, and is downward from a dielectric layer. If deposition and a heating step are performed within the same chamber, good control of the thickness of a dope dielectric film, homogeneity, and moisture content will be obtained. It is advantageous to the amount of the effective dopant in the film increasing, if membranous moisture content is improved, and especially forming a part for super-********* of a high accumulation device.

[0019] In other modes of this invention, a remote plasma system etches the deposit with which a wall of the constituent of a vacuum chamber and equipment is not desired, and washes a native oxide and other residues from the semi-conductor wafer before processing. As for the quiet cleaning method using a remote energy source, it is desirable to be used instead of the conventional spot plasma process in order to reduce metal mixing. For example, a remote plasma system supplies the remote plasma, it can go into the desirable chamber of an elevated temperature [radical / from the plasma / fluorine], and heat washing of the chamber is carried out quietly. In a remote plasma system, only a chemical reaction is used and the problem of a physical sputtering operation is eliminated. By contrast, metal mixing in the wafer which the sputtering operation attacked the aluminum chamber wall in use of a spot plasma system, and processed is imitated, and it is ******. In the heat washing process using a remote plasma system, the free radical sent in a chamber can carry out clarification of the deposit and the residue from a front face in a chamber which are not desirable effectively, while the plasma had separated with the chamber. Other advantages of a remote plasma system are that a native oxide is efficiently removed from a wafer in order to make effective and uniform dopant diffusion perform effectively from a dope dielectric layer, without starting a significant surface damage to a silicon wafer. The advantage of a remote plasma system is that a system is arranged at the use for making the film deposit by using different introductory gas needed further.

[0020] In a suitable example, a remote plasma washing system is a microwave plasma system arranged in order to generate selection chemical species (for example, a fluorine, chlorine, or other radicals) and to send to a processing chamber. A remote plasma system generates the plasma which gives energy to gas and has an etching radical by microwave radiation. In detail, it is generated according to a magnetron or other suitable energy sources, and microwave is sent to applicator tubing with which the plasma is generated through a waveguide. Next, reactant gas is sent into applicator tubing, and in order to give energy and to build the flow of the free radical to a processing chamber by microwave energy, ionization of the ignition plasma is maintained. For example, a free radical forms the reactant gas which interacts with

the residue built on the chamber wall, and is appropriately discharged by the exhaust air system from a chamber. A microwave plasma system is used in order to make the plasma strengthening CVD film deposit by sending deposition reactivity gas to a processing chamber again.

[0021] In other modes of this invention, the terminal point detection system which shows the time of chamber washing ending a remote plasma system is contained. If there is no plasma into a chamber, it is difficult to show correctly the time of washing being completed using the conventional terminal point detection system (namely, when for the process gas of the last in a chamber to react with a washing etching agent and to be discharged from a chamber). This is for according to use of the plasma in a chamber, in order for the conventional terminal point detection system to check the radiation from the spot plasma typically and to ask for the end of a washing process. At this invention, a terminal point detection assembly is SiF₄. In order to search for the terminal point of a washing process by detecting change of the intensity of light produced for the absorbance of the light by the exhaust air clarification gas reaction component [like], it connects with the gas exhaust of a processing chamber.

[0022] In other modes of this invention, the approach of carrying out gettering of clarification gas like a fluorine to which it stuck from the front face of a chamber wall is shown. According to this invention, the 1st washing gas containing a fluorine is introduced into a processing chamber in order to carry out clarification of the processing chamber of the deposition residue. Next, after the residue is removed by the 1st washing gas, the 2nd washing gas is introduced into a processing chamber. The 2nd washing gas removes the washing residue generated by the reaction between the inner surfaces of the 1st washing gas and a processing chamber. the washing residue — the removal from a chamber — or if gettering is carried out, many advantages will arise. For example, in the suitable example of this invention, a fluorine radical is sent to a processing chamber and the residue like silicon oxide is removed by forming the silicon-fluorine gas product exhausted from a chamber. or [that the interaction of the adsorption fluorine on the front face of the chamber wall which is a chamber washing procedure by the fluorine is carried out] — or after being incorporated, gettering of the deposition film on the following wafer which should be processed is carried out. In another example, gettering is performed by carrying out seasoning of the chamber to microwave product atom oxygen using the source of silicon, deposits the thin film of an oxide on a chamber, and catches an adsorption fluorine, and prevents contamination of the film continued and deposited.

[0023] This invention offers the various thermal resistance for high temperature processing, and a process compatibility component again. The vacuum evaporatio~~no~~ equipment which has the enclosure assembly with which the system of this invention holds a processing chamber is contained. The heating assembly which has the pedestal/heater at which equipment heats a wafer to the temperature to about 500 degrees C – 800 degrees C is included. As for a pedestal, it is desirable that the ingredient which has resistance in a reaction with process gas and deposition according preferably about 400 degrees C at least to the process gas of the temperature to about 500 degrees C – 800 degrees C considerably is included. Furthermore, as for a pedestal, it is desirable that the ingredient which has resistance in etching in the elevated temperature (namely, 500 degrees C – 800 degrees C) by the fluorine radical introduced into the chamber during washing considerably is included. In a concrete example, a pedestal/heater contains the resistance heating element embedded into the aluminum oxide or a desirable ceramic ingredient like alumimium nitride.

[0024] The support shaft which the heating assembly of this invention supports the pedestal/heater in a chamber further, and holds a required electrical connection part is contained. As for a support shaft, it is desirable at a pedestal/heater to carry out vacuum sealing of the inside of a shaft including the ceramic ingredient by which diffusion association is carried out. The vacuum sealing makes it possible to maintain the interior of hollow of a shaft with an ambient temperature and ambient pressure during high temperature processing, and protects an electrode and other electrical connection parts from the corrosion from the process gas and the clean gas in a chamber. Furthermore, the ambient pressure in a shaft makes the minimum the arc to the outer wall of a power lead or a shaft through the hollow core of a shaft from a power source.

[0025] In other modes of this invention, in order to insulate a chamber wall from a heater, a chamber liner is formed in the surroundings of a pedestal/heater. Preferably, the exterior containing the ingredient which has resistance in the interior and cracking containing an ingredient like a ceramic with which a chamber liner has resistance in an elevated temperature, and deposition / clarification reaction is included. The

interior of a liner reduces the wafer edge cooling operation which insulates a chamber wall and has a bad influence on the homogeneity of the deposition film. The exterior of a chamber liner is quite thicker than the interior, closes the gap between a wafer and a wall, and makes the minimum single cracking relatively produced with a thick ceramic liner. In a concrete example, the air gap which raises the insulation in which the exterior of a liner was established by the liner is contained.

[0026] In the further mode of this invention, a lid assembly is formed as an enclosure assembly. The gas mixture block (or box) connected with one or more clean gas paths and one or more process gas paths which a lid assembly puts in process gas and a clean gas, and send those gas to a chamber is included. In order to make gas flow alternatively to a gas mixture block, one or more bulbs are prepared in a clean gas path and a process gas path. The example promotes the spot cleaning method of this invention by during processing of equipment and washing being efficiently [promptly and] switchable, and the throughput of a system is raised.

[0027] In a concrete example, the gas distribution plate with which a lid assembly contains two or more holes which distribute the base plate and gas which have the gas inlet into which one or more sorts of gas is put to a processing chamber is contained. As for a lid assembly, one or more bypass paths are included in few base plates of the resistance [hole / gas distribution] to a fluid flow. During washing, a part of washing gas [at least] passes to a direct chamber through a bypass path, it gathers the rate of a washing process, and shortens the down-time of a chamber. In order that equipment may control a gas flow through a gas distribution hole, the bulb which seals a bypass path partially or completely, and a control system like a controller are included.

[0028] These, and other example, its advantage and descriptions of this invention are stated to a detail with the following text and an attached drawing.

[0029] The example of outline this invention of the detailed explanation I.CVD reactor system A.CVD reactor of each example is the system, the approach, and equipment which are used since a dielectric film is deposited at temperature higher than about 500 degrees C. Since a non-doping dielectric film and a dope dielectric film are deposited, especially this system, an approach, and equipment are used. This film is used in order to form a super-** dope field, a metal-containing dielectric layer, the dielectric layer between metals, a capping layer, an oxide packed bed, or other layers. Drawing 1 is drawing of longitudinal section of one example of CVD system 10 of each example. When a dielectric layer can be deposited, the equipment of this invention performs the reflow of a deposition dope dielectric layer for flattening or it forms a super-** dope field, although the dopant from a deposition dope dielectric layer is put in, it has useful heating-at-high-temperature capacity. Furthermore, it is efficient, and this equipment can wash various CVD chamber components, and can wash a wafer front face. CVD system 10 is equipped with much capacity on that spot in the single vacuum chamber 15. Therefore, a multistage process is performed by the single chamber, without moving from the chamber to the chamber of other exteriors. This eliminates an opportunity to absorb moisture from perimeter air, the low moisture content on a wafer is obtained, and the dopant maintenance by the deposition dielectric layer is raised advantageously. Furthermore, if a multistage process is performed within a single chamber, time amount will be saved and the whole throughput of a process will be raised.

[0030] The enclosure assembly 200 which holds the vacuum chamber 15 in which CVD system 10 has the gas reaction field 16 is included about drawing 1 . The gas distribution plate 20 is formed on the gas reaction field 16 which distributes reactant gas to a wafer (not shown) through the hole which penetrated the plate 20 which appears in the vertical movable heater 25 (called a wafer support pedestal or SASUSEPUTA). The heater / lift assembly 30 which heats the wafer with which CVD system 10 was supported by the heater 25 are included. A heater / lift assembly 30 can be moved controllable between the processing locations as shown in drawing 1 , after being shown to loading / lower offloading location, and a lower plate 20 by the dotted line 13 which adjoins closely. The sensor by which a center board (not shown) gives the information on the location of a wafer is contained. As for the heater 25 stated to a detail in the bottom, a ceramic and the resistance heating component preferably enclosed with alumimium nitride are contained. All the front faces of the heater 25 exposed to a vacuum chamber in a concrete example are aluminum oxides (aluminum 2O3 or alumina). Or it is made of a ceramic ingredient like alumimium nitride. It is surrounded by the annular pump channel 40 formed of the upper part of the chamber liner 35 in alignment with the wall 17 of equipment 10 and the chamber liner 35, and a chamber 15 when a heater 25 and a wafer are in the processing location 13. Including an alumina or a ceramic ingredient like alumimium

nitride, the front face of the chamber liner 35 stated to a detail in the bottom works in order to make low the temperature gradient between the chamber walls 17 which are very low temperature to the resistance heating heater 25 (elevated temperature) and a heater 25.

[0031] The gas mixture box (or gas mixture block) 273 (drawing 9) is supplied through a supply line 43, it is mixed together preferably, and reactivity and carrier gas are sent to a plate 20. the gas mixture box 273 — the process gas supply line 43 and washing gas — it is desirable that it is the dual input mixing block connected with the conduit 47. As for a processor 50, it is desirable to choose which [of two sources of mutual gas] to operate a gate valve 280 (drawing 9) controllable, and to send to the plate 20 distributed to a chamber 15 so that it may be stated to a detail in the bottom. The gas from the integral remote microwave plasma system 55 by which a conduit 47 has the inlet port 57 containing input gas enters. During deposition processing, the gas supplied to the plate 20 is sent to a wafer front face (shown by the arrow head 21), and is typically distributed to homogeneity by the laminar flow on a wafer front face at a radial. Purge gas is sent to a chamber 15 from an inlet port or tubing (not shown) through the low wall of the enclosure assembly 200. Purge gas reaches up through a heater 25, and flows to the annular pump channel 40. Next, an exhaust air system exhausts gas (shown by the arrow head 22) to exhaust air Rhine 60 by the vacuum pump system (not shown) to the annular pump channel 40. As for exhaust gas and the residue, it is desirable to be emitted at the rate controlled by the throttle-valve system 63 from the annular pump channel 40 to exhaust air Rhine 60.

[0032] In a typical example, the chemical-vapor-deposition process performed with CVD system 10 is a thermal process of under the atmospheric pressure mostly called under atmospheric pressure CVD (SACVD). As stated above, reactant gas is supplied to a substrate front face, a heat induction chemical reaction (homogeneity or ununiformity) occurs there, and a heat CVD process manufactures the desired film. In CVD system 10, heat is distributed by the resistance heating heater 25 stated to a detail in the bottom, and can be given to the temperature of about about 400–800 degrees C. these heat distribution — deposition of the spot multistage process within a chamber 15, and a reflow — and — or a drive-in, washing, and/or uniform rapid heat heating of the wafer which performs seasoning / gettering step are given. Moreover, from RF power source (not shown), the control plasma adjoins a wafer and is generated by RF energy impressed to the gas distribution plate 20. In the example of a low RF electrode, in order to raise decomposition of the reactant chemical species introduced into the process chamber 15, RF power source can supply RF power of single frequency to a plate 20, or can supply RF power of a mixed frequency to a plate 20 and a low RF electrode. In plasma treatment, the component of vacuum evaporatio equipment 10 has some which must be corrected in order to hold RF energy so that it may be mentioned later.

[0033] As for the remote microwave plasma system 55 integrated with and supplied to CVD system 10, it is desirable to be used in order to perform routine cleaning of the deposition residue which is not desired from the various components of the chamber 15 containing a wall 17 and other components. Furthermore, a remote microwave plasma system can be based on a desired application, and can wash or etch native oxide or the residue from the front face of a wafer. In order that the gas introduced to the plasma system 55 through Rhine 57 may supply a fluorine, chlorine, or other radicals, it is washing reactivity gas which generates the plasma, but since the plasma strengthening CVD film is deposited by introducing deposition reactivity gas into a system 55 through an input line 57, the remote microwave plasma system 55 is used. Usually, the remote microwave plasma system 55 puts in gas through an input line 57, generates the plasma which gives energy by microwave radiation and contains an etching radical, and is sent to a chamber 15 through the conduit 47 distributed through a plate 20. Each detail of the plasma system 55 is mentioned later. The (radio frequency RF) plasma system which the example with equipment 10 gives spot plasma capacity is contained.

[0034] In order to move and determine the location of the throttle-valve system 63 and a mechanical movable assembly like a heater 25, a motor and a photo sensor (not shown) are used. A heater / lift assembly 30, a motor, a gate valve 280, the throttle-valve system 63, the remote microwave plasma system 55, and an alien-system component are controlled by the processor 50 on a control line 65, and only a few is illustrated.

[0035] A processor 50 controls all the activity of a CVD machine. If it acts as a system controller, a processor 50 will perform system controller software which is the computer program memorized by the memory 70 connected with the processor 50. Preferably, although memory 70 is a hard disk drive, naturally

you may be the memory of other classes. Besides a hard disk drive (for example, memory 70), as for the CVD system in a suitable example, a floppy disk drive and a card rack are contained. A processor 50 is operated under control of system control software, and the instruction set which directs other parameters of mixing of time amount and gas, chamber **, chamber temperature, microwave power level, SASUSEPUTA arrangement, and each process is contained. It is used in order that other computer programs [like] may operate a processor 50, although other memory containing other computer program products inserted in a floppy disk, a disk drive, or other suitable drives memorized. System control software is stated to a detail in the bottom. A card rack contains a single-board computer, an analog and a digital input / output board, an interface board, and a stepper motor controller board. The various parts of CVD system 10 and a standard [for Versa Modular European (VME)] ones are suited, and specification of a board, a card cage, a connector dimension, and the type is carried out. A standard [for VME] ones is carrying out specification of the bus structure which has a 16-bit data bus and a 24-bit address bus again. [0036] The interface between a user and a processor 50 goes via CRT monitor 73a and light pen 73b which are shown in drawing 2 which is the simple diagram of the system monitor shown as one of the chambers of a multi chamber system, and CVD system 10. As for CVD system 10, it is desirable to be attached in the mainframe unit 75 which it has including electric piping and other support functions of equipment 10. The instantiation example of CVD system 10 and the suiting concrete mainframe unit are California Santa Clara. From Applied Materials Precision 5000 (trademark) It reaches. Centura 5200 (trademark) Current marketing is carried out as a system. A multi chamber system has the capacity to move the wafer between chambers, without [without it destroys a vacuum, and] having to expose a wafer to moisture or other impurities in the exterior of a multi chamber system. The advantage of a multi chamber system is used for the purpose from which the chamber from which a multi chamber system's differs differs in all processes. For example, one chamber is used for deposition of an oxide, other things are used for rapid heat treatment, and another thing is used for oxide washing. A process can advance without interrupting the inside of a multi chamber system, and when moving a wafer among various separate chambers (it is not a multi chamber system) about the part from which a process differs, it prevents contamination of the wafer produced mostly.

[0037] In a suitable example, two monitor 73a is used, one is attached in an operator's clean room wall, and another is attached behind the wall of a trained service personnel. Although both monitor 73a shows the same information as coincidence, one light pen is possible. Light pen 73a detects the light emitted with the CRT display with the photosensor at the tip of a pen. In order to select each screen or function, an operator touches the appointed area of a display screen and pushes a carbon button by pen 73b. The emphasized color is changed, or a new menu or a new screen is displayed, and the area which touched checks the communication link between a light pen and a display screen. In order to enable a user to communicate with a processor 50, the thing of light pen 73b for which it is alike or a keyboard, a mouse, other assignment, or other device ** like a communication link device are instead used in addition is a natural thing.

[0038] Drawing 3 is the schematic diagram of CVD system 10 about the gas supply panel 80 located in a clean room. The gas mixture box 273 which has the input and conduit 47 from a chamber 15 and a supply line 43 with which CVD system 10 mentioned above has a heater 25, and the remote microwave plasma system 55 which has an input line 57 are contained. The gas mixture box 273 mentioned above is for minding the introductory tubing 43, and mixing and injecting deposition gas, a clean gas, or other gas into the processing chamber 15. The remote microwave plasma system 55 is found the integral and located under a chamber 15, and a conduit 47 goes up the side side of a chamber 15 to the gate valve 280 located on a chamber 15, and the gas mixture box 273 so that drawing 3 may see. Similarly, gas supply Rhine 43 which goes up the side side of a chamber 15 to the gas mixture box 273 supplies reactant gas through Rhine 83 and 85 from the gas supply panel 80. Rhine to the gas or the liquid source of supply 90 containing the gas or the liquid which may change with request processes in which the gas supply panel 80 is used for each application is included. The gas supply panel 80 has mixed stock 93, and puts in the deposition process gas and carrier gas (or evaporation liquid) from a source of supply 90 for minding Rhine 85 to a supply line 43, and mixing and conveying to the gas mixture box 273. Usually, the shutoff valve 95 used in order that each supply line of process gas may stop the process gas style to Rhine [85] (i) or Rhine 57 with automatic or hand control, and the massflow controller 100 which measures gas or a liquid style through the (ii) supply line are contained. When toxic gas (for example, ozone and a clean gas) is used for a

process, some shutout bulbs 95 are arranged by the conventional arrangement in each gas supply Rhine. The rate by which the deposition gas and carrier gas which include phosphoric-acid triethyl (TEPO), boric-acid triethyl (TEB), and/or other sources of a dopant depending on a tetraethyl alt.silane (TEOS), helium (helium), nitrogen (N2), and the case are supplied to the gas mixture system 93 is controlled by the liquid or the gas-chromatography-mass-spectrometry flow controller (MFC) (not shown), and/or the bulb (not shown). In a certain example, the liquid impregnation system which makes reaction component liquid [like TEOS and TEPO] whose gas mixture system 93 is evaporate is contained. According to those examples, the mixture which includes one or more sorts of sources of gas oxygen like TEOS and oxygen (O2), or ozone (O3) as TEPO and a source of silicon as a source of Lynn is generated by the gas mixture system 93. All of TEPO and TEOS are the sources of a liquid, and they are evaporated by the conventional boiler mold or the bubbler mold hot box in other examples. Since a liquid impregnation system controls considerably the capacity of the reaction component liquid introduced into a gas mixture system, it is desirable. Next, after mixing with carrier gas like helium the gas made to evaporate by the gas mixture system, heating Rhine 85 is supplied. It stands to reason that it is recognized that other sources of supply of a dopant, silicon, and oxygen are used.

[0039] Furthermore, a switching valve 95 is contained and the gas supply panel 80 is a clean gas under control of a processor 50 N2 Along with the process gas line 83, it can pass gas supply Rhine 43, or can convey to the remote microwave plasma system 55 alternatively along with the clean gas line 57. a processor 50 -- a switching valve 95 -- a clean gas -- N2 when making it convey to the plasma system 55 through an input line 57, in order to add microwave energy -- PURAZUMARIMOTO from a chamber 15 -- being generated -- gas -- in order to move to a conduit 47, a washing free radical arises. Other bulbs 96 can be made to be able to convey a processor 50 to gas supply Rhine 43 through Rhine 83, and it can make deposition gas and carrier gas convey to gas supply Rhine 43 through heating Rhine 85 again from the gas mixture system 93. In other examples, a bulb 95 is connected with the output of only Rhine 97, and it is a clean gas and N2. It is made to pass alternatively to a switching valve 105 (not shown) through Rhine 97. Since it is located in the point near an inlet port 57 and remote ** 55, the switching valve 105 in those examples is connected to Rhine 83 which reaches the inlet port 57 and inlet port 43 to the remote microwave system 55. in each example, a gate valve 280 is controlled by the processor 50 with the instruction from a system-software computer program -- having -- a clean gas -- or it selects in the deposition gas which flows to a chamber 15.

[0040] The microwave power source 110 and an ozonator 115 separate from the clean room in which the chamber 15 of equipment 10 is located, and are located. A power source 110 gives power to the magnetron of the remote plasma system 55. An ozonator 115 applies power to the oxygen (O2) used as an input, and produces ozone (O3) as an output useful as at least one of the sources of supply. In other examples, a power source 110 and an ozonator 115 can be located in a clean room rather than it is located in the distance. Furthermore, by the multi chamber system which needs two or more sources of ozone, and/or two or more remote microwave plasma systems 55, two or more ozonator 115 and two or more power sources 110 are established.

[0041] The process which deposits the film, and performs clarification and performs a reflow or a drive-in step is carried out using the computer program product performed by the processor 50. The computer program code is written to 68000 assembly language, C, C++, a pascal, a FORTRAN, or conventional computer decipherment programming language like other language. A suitable program code is entered in a single file or a multi-file using the conventional text editor, and is memorized or recorded on a medium for computers like the memory system of a computer. When an entry codetext is high-level language, a code is compiled and the obtained compiler code is linked with the object code of the WIN douse library routine compiled beforehand next. In order to perform a link compile BUJIEKUTO code, a system user calls object code, and makes the code in memory load to a computer system, and the task which CUP read and performed the code and was in agreement with the program is performed.

[0042] Drawing 4 is the explanatory block diagram of the system control software by each example, and the hierarchy control structure of a computer program 150. A user answers and enters a process set number and a process chamber number in the menu or screen displayed on the process selector subroutine 153 by the CRT monitor using a light pen interface. The process set which is a predetermined process PATARA meter set required to perform the specified process is checked by the given definition set number. The process selector subroutine 153 identifies the desired process-parameter set needed for

operating the process chamber which performs the process chamber of the (i) request, and the process of the (ii) request. the process parameter which performs each process is related with whenever [plasma conditions / like a process gas presentation and process conditions like the rate of flow, temperature, a pressure, and magnetron power level (or / and / replacing high frequency and low frequency RF power level about the example equipped with RF PURAZU system / -- or it adds) /, cooling gas pressure, and chamber wall-temperature]. The process selector subroutine 153 controls the class (deposition, wafer washing, chamber washing, chamber gettering, reflow INGU) of process performed by specific time amount within a chamber 15. In a certain example, it can consider as one or more process selector subroutines. A process parameter is shown to a user in the form of a recipe, and is filled in using a light pen / CRT monitor interface.

[0043] The signal which carries out the monitor of the process is given on the analog input board and digital input board of a system controller, and the signal which controls a process is outputted on the analog output board and digital output board of the CVD system 10.

[0044] The process sequencer subroutine 155 contains the program code which receives the process-parameter set from the identified process chamber and the process selector subroutine 153, and controls actuation of various process chambers. Since two or more users can fill in a process set number and a process chamber number or one user can fill in a multiple-processes set number and a process chamber number, the sequencer subroutine 155 is operated so that the schedule of the process selected in the desired array may be carried out. When the (i) chamber is used preferably, in order to determine the sequencer subroutine 155, the program code which performs the step which performs a request process based on the availability of the step which carries out the monitor of the actuation of a process chamber, the step which determines the process performed within the chamber (ii) Used, and (iii) a process chamber, and the class of process performed is contained. The conventional approach of carrying out the monitor of a process chamber like polling is used. When carrying out the schedule of the process which should be performed, the sequencer subroutine 155 is designed so that the current conditions of the process chamber used compared with the process conditions of a request of a selection process, the "age" of a request which each user filled in, or other suitable factors which wish to include that a system programmer determines a schedule priority may be taken into consideration.

[0045] Once the sequencer subroutine 155 opts for what the combination of a process chamber and a process set tends to perform next, the sequencer subroutine 155 will start activation of a process set by moving to chamber manager subroutine 157 a-c which controls two or more processing tasks in the process chamber 15 according to the process set determined by the sequencer subroutine 155 in each process set parameter. For example, chamber manager 157a contains the program code which controls CVD within the process chamber 15, and washing process actuation. The chamber manager subroutine 157 controls activation of the various chamber component subroutines which control actuation of a chamber component required again to carry out a selection process set. The examples of a chamber component subroutine are the substrate arrangement subroutine 160, the process gas control subroutine 163, the pressure-control subroutine 165, the heater control subroutine 167, the plasma-control subroutine 170, the terminal point detection control subroutine 159, and the gettering control subroutine 169. As for a certain example, only the subroutine of some [examples / other] is contained based on each arrangement of a CVD chamber, including the above-mentioned subroutine for all. This contractor recognizes easily that other chamber control subroutines are contained based on the process performed within the process chamber 15. or [that chamber manager subroutine 157a carries out the schedule of the process component subroutine alternatively on actuation according to each process performed] -- or it calls. As for chamber manager subroutine 157a, the process chamber 15 and a process set carry out the schedule of the process component subroutine, as the sequencer subroutine 155 carries out the schedule of next performing. Typically, the step which starts activation of the chamber component subroutine which answers the step to which chamber manager subroutine 157a carries out the monitor of the various chamber components, the step which determines to need for a component operating based on the process parameter of the process set performed, a monitor step, and a decision step is contained.

[0046] Here, actuation of each chamber component subroutine is indicated about drawing 4 . The substrate arrangement subroutine 160 contains the program code which controls the chamber component used in order to raise a substrate to desired height within a chamber 15 by the case in order to load a heater 25 with a substrate, and to control spacing between a substrate and the gas distribution manifold 20. When

the process chamber 15 is loaded with a substrate, a heater 25 falls in order to put in a substrate, next goes up in desired height. On actuation, the substrate arrangement subroutine 160 answers the process set parameter related to the height of the base material moved from chamber manager subroutine 157a, and controls movement of a heater 25.

[0047] The process gas control subroutine 163 has the program code which controls a process gas presentation and the rate of flow. The process gas control subroutine 163 controls open/closed position of a shutoff insurance bulb, inclines a massflow controller in a top/bottom, and obtains a desired gas flow rate. It appeals for the process gas control subroutine 163 by chamber manager subroutine 157a which is all chamber component subroutines, and it regains the subroutine process parameter related to the gas flow rate of the request from a chamber manager. Typically, the process gas control subroutine 163 opens gas supply Rhine wide, and operates by repeating comparing with the rate of flow of the request which reads a required massflow controller and which received (i) (ii) reading from chamber manager subroutine 157a, and (iii) adjusting the rate of flow of required gas supply Rhine. Furthermore, when the step which carries out the monitor of the gas flow rate of the rate which is not safe for the process gas control subroutine 163, and the conditions which are not safe are detected, the step which activates a shutout insurance bulb is contained. The process gas control subroutine 163 controls a gas presentation and the rate of flow of a clean gas and deposition gas again based on the request processes (clarification or deposition) selected. The alternative-like example has the process gas control subroutine 613 exceeding 1, and each subroutine 613 controls each process type or each gas-line set.

[0048] In a certain process, in order to stabilize the pressure in a chamber before reactant process gas is introduced, inert gas like nitrogen or an argon is slushed into a chamber 15. In the case of the process, the step which slushes time amount inert gas required for the process gas control subroutine 163 to stabilize the pressure in a chamber into a chamber 15 is contained, next the above-mentioned step is performed. Furthermore, when process gas is evaporated from a liquid precursor and TEOS, the process gas control subroutine 163 is written in so that the step which whips distributed gas like helium to a liquid precursor within a bubbler sialid, or the step which introduces carrier gas like helium into a liquid impregnation system may be included. When a bubbler is used for this kind of process, in order to obtain a desired process gas flow rate, the process gas control subroutine 163 adjusts the pressure and bubbler temperature in a distributed gas style and a bubbler. As mentioned above, a desired process gas flow rate is moved to the process gas control subroutine 163 as a process parameter. Furthermore, when the process gas control subroutine 163 accesses an are recording table including the need value of a fixed process gas flow rate, the distributed gas rate of flow required for a process gas flow rate, a desired bubbler pressure, and desired bubbler temperature are included. Once a need value is acquired, compared with a need value, the monitor of a distributed gas flow rate, a bubbler pressure, and the bubbler temperature will be carried out, and they will be adjusted according to it.

[0049] The pressure-control subroutine 165 contains the program code which controls the pressure in a chamber 15 by adjusting the aperture size of the throttle valve of the exhaust air system of a chamber. The aperture size of a throttle valve is set up so that a chamber pressure may be controlled by request level about the size of all process gas flows and a process chamber, and the set point pressure of the pump of an exhaust air system. When appealing for the pressure-control subroutine 165, it is a request or target preassure force level is regained as a parameter from chamber manager subroutine 157a. The pressure-control subroutine 165 adjusts a throttle valve according to the PID value which measured the pressure in a chamber 15, acquired the PID (proportionality, integral, and differential) value corresponding to the target preassure force for the measuring pressure force from the accumulation pressure force table as compared with the target preassure force, and was acquired from the pressure table by [which read pressure NANOMETA of one or more common use] having connected with the chamber. Moreover, in order to adjust the pressure in a chamber 15 to request level, the pressure-control subroutine 165 is written in so that a throttle valve may be opened or closed in each aperture size.

[0050] The heater control subroutine 167 contains the program code which controls the temperature of the heater element 473 used in order to carry out the heatproof of the heater 25 (and substrate). The heater control subroutine 167 for which it appeals by chamber manager subroutine 157a is desired target / set-point temperature PATAMETA, and Tdes as an input about drawing 5 . It regains (step 580). At step 582, the heater control subroutine 167 measures the current temperature of a heater 25 by measuring the voltage output of a thermocouple located in a heater 25. Current temperature shows T (k) and k is the

current time step of the heater control subroutine 167. A controller obtains temperature $T(k)$ from a thermocouple electrical potential difference by computing temperature using the 4th polynomial in search of the correspondence temperature of an are recording conversion table. In a concrete example, the heater control subroutine 167 of step 584 computes a temperature error. The temperature error indicated to be Errtemp is searched for by formula $\text{Errtemp}(k) = T_{\text{des}} - T(k)$.

[0051] At step 584, the heater control subroutine 167 selects one of the two control algorithms based on the absolute value of Errtemp (k). When the absolute value of a temperature error is smaller than a predetermined boundary error, a heater control subroutine selects a temperature-control algorithm (steps 586 and 588). The algorithm is request temperature and T_{des} about temperature. It controls correctly. When the absolute value of a temperature error is larger than a boundary error, the heater control subroutine 167 selects a temperature lamp control algorithm (step 590). For the algorithm, heater temperature is request temperature and T_{des} . The rate which approaches is controlled. That is, the rate from which temperature changes is controlled.

[0052] A temperature-control algorithm (steps 586 and 588) is T_{des} as much as possible. In order to make new power supplied to the heater element embedded at the heater 25 so that near current temperature and $T(k)$ may be maintained, feedback and feedforward control are used. The feedforward control in the algorithm calculates electric energy required to maintain the request temperature which gives the amount and class of the gas flow supplied to the chamber, and RF power. In order to adjust the feedforward who computed based on the dynamic behavior of the temperature error Errtemp (k), a standard proportionality-integral-differential (PID) contrast term is used for feedback control. PID contrast is an algorithm of a class used by the conventional heater control system which is not related to the value of a temperature error. In asking for those routines controlling a temperature ramp rate, $T_{\text{des}}(k)$ from which time amount differs is defined, and it pursues the temperature trajectory of the request using the above-mentioned PID controller.

[0053] When the absolute value of a temperature error is larger than a boundary error, in order to control the power to a heater 25 by this invention, it is desirable to use a temperature lamp control algorithm (step 590). The algorithm controls $T'(k)$ which is the change rate of the temperature in time step k. Since the heater 25 is made of the ceramic ingredient, when a temperature-change rate must be controlled and temperature changes too much quickly, it may destroy from a heat shock. In order to control $T'(k)$ to a predetermined request ramp rate function and $T'_{\text{des}}(T)$, feedforward and proportionality feedback contrast are used for a lamp control algorithm. A desired ramp rate is mainly the temperature function of a heater, and is based on the heat shock resistance of the heater 25 in various temperature. Therefore, a desired ramp rate can change continuously based on the present measurement temperature of a heater, and may be uniformly set as avoiding a heat shock within the limits of the temperature of each process based on the minimum rate low enough. In order to weaken a system response, the saturation function about the power change rate supplied to a heater is used for a contrast algorithm.

[0054] The controller which tries to adjust a ramp rate is request temperature and T'_{des} by pursuing time limit temperature flight in the best condition. (K) only guarantees being attained by the time amount K with the future. the average ramp rate covering the time amount of die-length K — T'_{des} it is . However, the moment change rates of temperature $T'(k)$ differ widely at the spacing. Please take into consideration a certain active jamming which keeps temperature stable under at intervals of K. Next, a controller is desired flight T'_{des} . What "is caught up" as much as possible with (k) is tried. The ramp rate of the time amount with which a controller catches up is T'_{des} . It becomes large. Heat shock destruction arises with the scenario. By controlling a direct ramp rate, this invention avoids the potential scenario.

[0055] A concrete lamp control algorithm is described here about drawing 5 . Request temperature and T_{des} After inputting (step 580), current temperature $T(k)$ is measured (step 582), a temperature error is searched for (step 584), and a lamp control algorithm computes actual ramp rate $T'(k)$ using numerical differentiation. Moreover, it asks for request ramp rate T'_{des} and ($T(k)$) error $\text{Errrrate} = T'_{\text{des}} - (T(k)) T[\text{ of a ramp rate }]'(k)$ based on the current value of $T(k)$ (steps 592 and 594). Actual ramp rate $T'(k)$ is computed from measurement temperature $T(k)$ covering the range of a thermometry sample. Usually, $T'_{\text{des}}(T(k))$ can be the continuous function of temperature in various examples. In each example, $T'_{\text{des}}(T(k))$ is set up so that it may be predetermined constant value. Calculation ramp rate $T'(k)$ is called for by what temperature is taken for at a predetermined sample rate (it sets in each example and they are 10 times of new power time amount, and 1 second for example) (that is, it measures). Next, the average of ten

samples is computed and it compares with the average of ten front samples. Next, the difference between the first 10 measurement temperature and front 10 measurement temperature is broken by new power time amount, and average measurement temperature is acquired. Next, the differential of average measurement temperature is computed and calculation ramp rate $T'(k)$ is reached. Next, ramp rate error ErrRRate It asks by taking the difference between constant value $T'_{des}(T(k))$ in each example, and calculation ramp rate $T'(k)$. Although the above-mentioned example is an example of the numerical differentiation used, other technique complicated more is used in other examples. Other sample rates are used in other examples.

[0056] In order to describe step 596 in detail, the concrete control function used for each example is shown by the degree type.

[0057] $P(k+1) = P_{model}[T(k), T'_{des}(T(k))] + K_p * [T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$ type, k is a current time step and $k+1$ is the following time step. $P(k+1)$ is power supplied to a heater by the following time step. It sets to $T(k)$ and P_{model} which is the function of a request ramp rate and measurement temperature is T'_{des} (it is model approximate value required to give the ramp rate of $T(k)$). $[T(k), T'_{des}(T(k))] K_p A$ user gives a definition and it is the ramp rate error ErrRRate. It is the control gain constant (watt/(degree C/second)) by which it multiplies. It sets in each example and is $P_{model}[T(k), T'_{des}(T(k))] P(k)$ can be resembled. The approximation is being able to say especially about a slow system like the large resistance heater of the heating value of this invention. Next, a control function is approximated by the degree type.

[0058]

$P(k+1) = P(k) + K_p * [T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$ $P(k+1) - P(k) = K_p *$ Since the response of a $[T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$ heater is slow A gap is between the time amount to which power is adjusted, and the time amount which produces the result of a request of adjustment. For example, when the temperature of a heater is stable and a desired ramp rate is forward, control makes the power to a heater increase. However, temperature does not go up immediately according to a request ramp rate. Next, control makes power increase by the time step. Making power increase is continued until a request ramp rate is filled. However, a supply voltage becomes very larger than the power needed for maintaining a request ramp rate by the time amount. A ramp rate continues increasing exceeding a request value. It calls overshoot. A controller reacts by reducing power and a ramp rate falls gradually. Since a controller acts again more quickly than a heater, power is reduced too much and a ramp rate falls exceeding a request value. It is the amplitude. Extent of the amplitude decreases as time amount is formed, and a ramp rate reaches a fixed stationary value. All real systems have a small stationary error, in order to receive small active jamming.

[0059] K_p A value determines the magnitude of overshoot and a stationary error. K_p When large, a stationary error is small although the amplitude of the system is carried out. K_p The contrary can be said when small. Typically, it is K_p . Since it is used in order that derivative control may weaken the response of a system (i.e., in order to decrease overshoot and the amplitude), it can enlarge. Although a stationary error decreases by using integral control, it is made into the inclination which raises overshoot and the amplitude by this, and is preferably avoided with the control algorithm. In that case, derivative control cannot be used. It is required to calculate the 2nd differential of temperature numerically. Since the SN ratio of a thermocouple signal is small, the 2nd differential is not computed by trusting it. Therefore, this invention is K_p big in order to decrease a stationary error and a saturation function instead of the derivative control which weakens the response of a system. It uses. A saturation function is K_p . A ramp rate error and ErrRRate It is Gain K_p so that in inverse proportion. A schedule is carried out effectively. Effective gain is small, when an error is large and overshoot arises in the transient part of a system response. in a steady state, since an error is small, it is effective — K_p It is large.

[0060] The concrete saturation function used in order to weaken a system response is shown by the following equality (step 598). $P(k+1)$ means the power defined by the controlling expression shown in the top about those equality. $P_1(k+1)$ is the actual power supplied to the heater. P'_{max} It is a predetermined maximum-permissible change of the supply voltage from one time step to a degree. The concrete saturation function is as follows.

[0061] $|P(k+1) - P(k)| > P'_{max}$ If it becomes $P(k+1) > P(k) + P'_{max}$ In the case of $P(k) + P'_{max}$ $P_1(k+1) = P(k) + P'_{max}$ $P(k+1) < P(k) - P'_{max}$ — case of $P(k) - P'_{max}$ $P_1(k+1) = P(k) - P'_{max}$ — or — $P_1(k+1) = P(k+1)$ — the new vocabulary $K_{peff}(k)$ is defined as the effective gain of the controller in time step k here. $P_1(k+1) = P(k+1)$ If it becomes $(k+1)$, the effective gain of time amount k will be Gain K_p . It is equal. However, when a saturation function is applied, it defines by transposing $P_1(k+1)$ of the above-mentioned formula to $P(k+1)$, and combining with a degree

type.

$P(k+1) = P_{\text{model}}[T(k), T'_{\text{des}}](T(k)) + K_p * \frac{[T'_{\text{des}} - (T(k)) - T'(k)]}{\text{ErrRRate}(k)}$ vocabulary $K_{\text{peff}}(k)$ is as follows.

[0062] $P'_{\text{max}} = K_{\text{peff}}(k) * \text{ErrRRate}(k)$; $K_{\text{peff}}(k) = P'_{\text{max}} / \text{ErrRRate}$ When (K) ramp rate error is large, by making effective gain small, the amplitude of overshoot and a response is made into min with the saturation function. Thereby, the damage accuracy over a heater decreases from bad ramp rate control. Therefore, the lamp control algorithm of the heater control subroutine 167 weakens the response of a system in case a big ramp rate error arises, and produces efficient temperature control.

[0063] The plasma-control subroutine 170 contains the program code which sets up magnetron power level and the mode (CW or pulse). In the alternative-like example which has RF plasma system, the program code which the plasma-control subroutine 170 sets up low and high frequency RF power level which were impressed to the process electrode in a chamber 15, and sets up a use low frequency RF frequency is contained. It stands to reason that it has other plasma-control subroutines 170 by which a certain example is used for one plasma-control subroutine 170 used for microwave power level, and RF power level. It appeals for a chamber component subroutine and the plasma-control subroutine 170 by the chamber manager subroutine 157 as mentioned above.

[0064] The plasma-control subroutine 170 contains the program code which sets up and adjusts magnetron power level and the mode (CW or pulse). In the alternative-like example which has RF plasma system, the program code which the plasma-control subroutine 170 sets up low and high frequency RF power level which were impressed to the process electrode in a chamber 15, and sets up a use low frequency RF frequency is contained. It stands to reason that it has other plasma-control subroutines 170 by which a certain example is used for one plasma-control subroutine 170 used for microwave power level, and RF power level. Like the above-mentioned chamber component subroutine, it appeals for the plasma-control subroutine 170 by chamber manager subroutine 157a. In the example which has a gate valve 280, as for the plasma-control subroutine 170, the program code of closing motion of a setup/adjustment of microwave power level of the adjustment SURUGETO bulb 280 is contained. Moreover, the system software can have a separate gate valve control subroutine in the example which has a gate valve 280.

[0065] In case the flag which the terminal point detection subroutine 159 controls the light source and a photodetector, regains the data from a useful photodetector although change of the intensity of light from an absorbance is compared, detects predetermined intensity of light level depending on the case, or shows the terminal point of a washing process is raised, the program code treating the terminal point detection by stopping a washing process is contained. It appeals for the terminal point detection control subroutine 159 by chamber manager subroutine 157a again. The terminal point detection control subroutine 159 is contained in the example which uses the following terminal point detection system. It is recognized that the example without a terminal point detection system does not need to use or install the terminal point detection control subroutine 159.

[0066] The gettering control subroutine 169 for which it appeals by chamber manager subroutine 157a depending on the case is contained. The program code which controls the gettering process in which the gettering control subroutine 169 is used for chamber seasoning, post-clarification fluorine gettering, etc. is contained. In a certain example, the gettering control subroutine 169 can appeal for the assignment software accumulated in the clean recipe, in order to promote gettering control combining a use clean recipe.

[0067] The explanation of a CVD system shown above is mainly a thing for general explanation, and should not be regarded as what limits the range of this invention. The concrete CVD system 10 is a single-wafer-processing vacuum chamber system however, other CVD systems which are multi-wafer chamber systems are used in other embodiments of this invention. However, although the description of this invention of a certain kind is illustrated and indicated as a part of CVD chamber in a multi chamber processor, it should be understood that this invention is not necessarily what is limited to the approach. That is, this invention is various processing chamber ******, such as an etching chamber and a diffusion chamber. Arrangement of the each algorithm, gas installation Rhine, and the bulb which are used for the location of change of a design, a heater design, and RF power connection part, software actuation and structure, and a software subroutine, and modification of the above-mentioned system like other corrections are also possible. Furthermore, other plasma-CVD equipments, such as a electron cyclotron resonance (ECR) plasma-CVD device and an inductive-coupling mold high density plasma-CVD device, are used. The approach of forming a useful dielectric layer and its layer in this invention should not necessarily be limited

to specific equipment or the specific specific plasma exciting method.

[0068] As shown in drawing 6 and drawing 7 , the enclosure assembly 200 which has the heater (a wafer support pedestal or SASUSEPUTA) 25 which usually carries out movable [of CVD system 10] to the length which supports a semi-conductor wafer within the vacuum chamber 15 is included. Process gas is sent to a chamber 15, in order to perform various deposition and an etching step on a wafer. The gas distributive system 205 (drawing 6 - drawing 12) distributes process gas on a wafer from the source 90 (drawing 3) of gas supply, and the exhaust air system 210 (drawing 6 - drawing 8) discharges process gas and other residues from a chamber 15. The heater / lift assembly 30 (drawing 1 , drawing 16 -23) containing the heater 25 which a CVD system heats a wafer further and raises a wafer upward to the processing location in a chamber 15 are included. The perfect remote microwave process system 55 (drawing 1 and drawing 24) is installed in periodical chamber washing, wafer washing, or CVD system 10 for deposition steps.

[0069] As shown in drawing 6 , in order that CVD system 10 may cool those components during high temperature processing, the liquid cooling system 215 which sends a cooling agent to the various components of a chamber 15 is contained. In order to make into min the deposition which is not on those components ***** for an elevated-temperature process, the liquid cooling system 215 acts so that the temperature of those chamber components may be lowered. The cooling agent manifold (not shown) which sends one pair of water connection parts 217 and 219 and the cooling agent with which the liquid cooling system 215 supplies cooling water through a heater / lift assembly 30 to the gas distributive system 205 (after-mentioned) is contained. The stream detector 220 detects the stream from the heat exchange object (not shown) to the enclosure assembly 200. The suitable embodiment of each system of equipment 10 is explained in full detail below.

[0070] A. It is desirable that it is perfect housing built with a process compatibility ingredient [like aluminum or anodization aluminum about enclosure assembly drawing 6 and drawing 10 -12] whose enclosure assembly 200 is. The external lid assembly 225 with which the enclosure assembly 200 sends process gas and a clean gas to the internal lid assembly 230 in an assembly 200 through the introductory tubing 43 is included. The internal lid assembly 230 functions as making the chamber 15 whole on the wafer (not shown) supported by the heater 25 distribute gas. As shown in drawing 6 , the lid covering 233 is approaching the component of the upper part of the enclosure assembly 200 (namely, external lid assembly 32), and protects an operator from exposure of the elevated temperature in a system operation. About a SACVD process, the clipping 235 which the clearance between the lid clamps 237 makes, as for covering 233, perform the gas of a chamber 16 to a sound condition is included. If the lid covering 233 is wide opened in order that a chamber may perform for example, preventive maintenance chamber washing, it destroys a vacuum and does not raise a chamber to atmospheric pressure, it is usually closed at almost all the process step. The locking ratchet mechanism 241 is included so that it may prevent the lid hinge 239 closing lid covering and falling.

[0071] As shown in drawing 6 , a vacuum lock door (not shown) and the slit bulb opening 243 are contained, a wafer loading assembly (not shown) conveys Wafer W to the process chamber 16, and, as for the enclosure assembly 200, Wafer W is put on a heater 25. As for a wafer loading assembly, it is desirable that it is the conventional robot device arranged in the migration chamber (not shown) of a multi chamber processor. The suitable robot migration assembly shall be indicated by U.S. Pat. No. 4,951,601 by which joint transfer of the Maydan was carried out, and the publication of the specification shall be included in this application specification.

[0072] The wall 245 of the enclosure assembly 200 around a chamber 15 is covered about drawing 7 , drawing 8 , drawing 13 , and drawing 14 at the chamber liner 250 currently laid on the shelf 252 of the enclosure assembly 200. The chamber liner 250 works so that process gas may be prevented from flowing at the rear face of a wafer. Furthermore, since the diameter is smaller than the enclosure assembly 200, as for a heater 25, a liner 250 prevents the process gas style to the part under a chamber 15 under a heater 25. Therefore, the deposition in the bottom of a heater 25 and the part under a chamber 15 which is not desired becomes the minimum. Furthermore, in order to prevent cooling of a wafer edge by high temperature processing, the heat insulation of between the edges of the aluminum wall of the enclosure assembly 200 and the wafer on a heater 25 is carried out. A liner 250 prevents too much heat loss from the hot edge (for example, 550 degrees C - 600 degrees C) of the wafer on a heater 25 to the chamber wall (for example, about 60 degrees C) of a cold perimeter during high temperature processing. When there

is no liner 250, a heating operation of the edge of a wafer carries out a bad influence to the homogeneity of the temperature in a wafer, the deposition which is not uniform is imitated, and it is **. As for a liner 250, it is desirable to include the interior 253 built with the process compatibility ingredient which fits enough an elevated-temperature process (for example, higher than about 500 degrees C). Preferably, the interior 253 of a liner 250 is an ingredient with a desirable alumina including ceramic ingredients, such as aluminum nitride and an alumina. The thickness of the interior 253 is usually about 5mm – 8mm (about 0.2 inches – 0.3 inches) preferably about 3mm – 25mm (about 0.1 inches – 1 inch).

[0073] As for a liner 250, it is more desirable than a ceramic like aluminum to include the exterior 255 which contains the low ingredient of susceptibility in decomposition. The exterior 255 is laid on the shelf 252 of an enclosure assembly, and contains the annular lid 254 which supports the interior 253 of a liner 250. Especially in a suitable example, the standard by which the exterior 255 was ****(ed) around the plurality which forms the internal air gap 259 shown in drawing 13 and drawing 14 is contained. An air gap 259 makes the insulation inside [253] a liner 250 easy from an external chamber wall, and raises the homogeneity of wafer temperature (the rim of a wafer faces [it is cooled for whenever / surrounding chamber wall-temperature /, and] a heater and wafer temperature and is low). Furthermore, since an air gap 259 gives thickness to a liner 250, it can close the gap between a chamber outer wall and a heater 25, and it makes the minimum the decomposition or other heat damage which are produced at the thick liner 250. The thickness of the exterior 255 of a liner 250 is usually about 23mm – 28mm (about 0.9 inches – 1.1 inches) preferably about 13mm – 51mm (about 0.5 inches – 2 inches), and the thickness of an air gap is usually about 15mm – 23mm (about 0.6 inches – 0.9 inches) preferably about 5mm – 38mm (about 0.2 inches – 1.5 inches). The annular covering 261 is arranged on the top face of the external liner 255, and forms the low wall of the pump channel 40 (after-mentioned). As for the annular covering 262, it is desirable that a ceramic ingredient like an aluminum oxide or aluminum nitride is included, and it protects the aluminum exterior 255 of a liner 250 from the heat in process gas and the pump channel 40.

[0074] In the alternative-like example (not shown), it is only that a liner 250 includes the annular covering 261 which forms the bottom of the internal ceramic part 255 currently laid in the shelf 252 of an enclosure assembly, and the pump channel 40. In the example, the exterior 255 is replaced by the air gap between the walls of the ceramic part 255 and an enclosure assembly (not shown). An air gap insulates an elevated-temperature wafer from the cooling wall of an enclosure assembly, and in order to close the gap between a chamber wall and a heater 25, it gives thickness to a liner 250.

[0075] B. The gate valve 280 which distributes alternatively the gas mixture box 273 where the external lid assembly 225 minds the introductory tubing 43, and mixes and pours in the clean gas manifold 270, process gas, and washing gas which usually contain a lid or a base plate 265, a cooling agent manifold (not shown), and a conduit 47 to the process chamber 15 and washing, and/or process gas to the gas mixture box 273 is contained about gas distributive system drawing 6 and drawing 10 –12. A gate valve 280 is arbitrary and it is that it is [that he must be understood clearly] natural to be changed so that the external lid assembly 225 may be alternatively distributed in washing and/or process gas, without having a gate valve to a box 273. As shown in drawing 8, as for the gas mixture box 273, the clean gas manifold 277, and a gate valve 280, it is desirable for it to be stopped by the top face of a base plate 265, for example, to be shut on it with a bolt. The 1st and 2nd gas passageways 83 and 85 are attached in the exterior of a plate 265, and are extended to the gas mixture box 273. Before sending gas passageways 83 and 85 to the internal lid assembly 230 respectively through the inlet port connected suitable for sources of gas supply (refer to drawing 3), such as ozone, TEOS, TEPO, helium, nitrogen, and a clean gas, and the introductory tubing 43, they have the outlet (not shown) which leads to the mixing zone 93 in the box 273 which mixes gas.

[0076] Including the gas feed-through box (not shown) in which the gas passageways 83 and 85 which make it possible to impress high-voltage RF power to a gas box, without CVD system's 10 not carrying out gas decomposition, and carrying out gas deposition by gas distributive system about plasma treatment are held should mind. The publication of a concrete gas feed box shall be looked at by U.S. Pat. No. 4,872,947 of Wang, and the publication of the specification shall be included in this application specification.

[0077] As shown in drawing 10, the conduit 47 which the clean gas manifold 70 puts in gas from an inlet port 290, and sends the gas to the gas mixture box 273 through a fluid channel 293 is contained. or [that a gate valve 280 makes it possible alternatively to pass a conduit to the gas mixture box 273] — or the bulb plug (not shown) fixed in the path 293 to prevent is contained. Hand control of the gate valve 280 is carried out by the actuation handle 281, or a gate valve 280 is controlled by the processor 50. During washing

(after-mentioned), a gate valve 280 is arranged so that the clean gas from the plasma system 55 may be passed to a box 273, it is sent to a chamber 15 through the introductory tubing 43, and etches the wafer of equipment 10 or a chamber wall, and other components.

[0078] As shown in drawing 7, the clean gas manifold 270 is integrated with and built by the part on the enclosure assembly 200 of equipment 10, and a conduit 47 has suitable deflection or a suitable curve toward a side face from the upper part of a chamber 15. The conduit 47 of a manifold 270 has opening to the path integrated with and formed in the side attachment wall of the enclosure assembly 200 of equipment 10, and is heated for the elevated temperature which a heater 25 operates. The path is equipped with the internal liner 291, and it commits it so that the inside of the path in the enclosure assembly 200 may be protected from the corrosion from a clean gas free radical and etching which enter from the applicator tubing 292. A liner 291 prevents association of the free radical in a clean gas. A clean gas is introduced from an inlet port 57 to the applicator tubing 292. A free radical is generated from the clean gas in the applicator tubing 292 by the microwave energy emitted from the magnetron of the plasma system 55 with advantageous it being in the direction under the chamber 15 in the enclosure assembly 200. The location of the system 55 under equipment 10 makes easy check of the chambers 15, such as preventive maintenance washing and repair. Since the remote microwave plasma system 55 especially attached in the bottom is not located on the lid of equipment 10, in order to perform preventive maintenance washing, disconnection of the lid of equipment 10 is performed easily. The microwave plasma system 55 is stated to a detail in the bottom. As shown in drawing 7 and drawing 8, as for the introductory tubing 43, it is desirable that the annular external path 297 leading to the path 293 which sends to a chamber the aisleway 295 and washing gas which send process gas to a chamber 15 is included.

[0079] the top face or the cooling agent manifold boiled and stopped of a base plate 265 puts in the water from a heat exchanger, or cooling agent liquid like a glycol / water mixed liquor. It is distributed through the annular cooling agent channel 93 (drawing 8 and drawing 9) in a base plate 265 from a cooling agent manifold, and a cooling agent is remote **** (stated to a detail in the bottom) reflux-wise and in electric conduction about the heat from the plate 265 under processing, and the component of the internal lid assembly 230.

[0080] As shown in drawing 6 and drawing 9, the blocker or the gas distribution plate 301 and the shower head, or the gas distribution plate 20 with which the internal lid assembly 230 usually distributes a base plate 265, process gas, and a clean gas to a chamber 15 is contained. As for plates 301 and 20, it is desirable to be formed from the process compatibility ingredient which can bear an elevated-temperature process. For example, plates 301 and 20 can contain a metal like a ceramic ingredient like an aluminum oxide or aluminum nitride (AlN), aluminum, or anodic oxidation aluminum. Preferably, plates 301 and 20 contain a metal like aluminum or anodic oxidation aluminum, in order to make the gas deposition on the front face of plates 301 and 20 into the minimum. In the gas distribution plate 301, especially in a suitable example, the gas distribution plate 20 contains aluminum including anodic oxidation aluminum. Gas distribution and the gas distribution plates 301 and 20 are respectively stopped directly by the field under a base plate 265. Preferably, gas distribution and the distributed plate 20,301 are attached with the set screws 303 and 305 which have two or more screw threads in the field under a base plate 265 respectively. Set screws 303 and 305 give contact of the surface pair front face where it became brave between each contact surfaces and the base plates 265 of gas distribution and the distributed plates 20 and 301 comparatively, and make easy conductive heat exchange in the meantime (stated to a detail in the bottom). set screws 303 and 305 — nickel and Hasteloy (trademark) Haynes (trademark) etc. — it contains.

[0081] In order that the gas distribution plate 20 may engage the contact surface of a plate 20, and the field under a base plate 265 about drawing 8 and drawing 9, it is the plate 311 even on a real target with the external flange 313 which has two or more holes 315 into which a set screw 305 is put. The annular external mating standoff 316 which forms a chamber 317 (refer to drawing 8) between two plates which a base plate 265 **** the gas distribution plate 20 from the inferior surface of tongue of 265, and distribute process gas to homogeneity to a semi-conductor wafer through two or more gas distribution holes 315 is contained. Moreover, the gas distribution plate 20 can contain the pan form device (not shown) which has the cavity arranged in the center formed by the side attachment wall and the bottom wall.

[0082] The size of the gas distribution hole 315 and arrangement change with descriptions of a process. For example, a hole 315 is ****(ed) by homogeneity so that gas may be distributed to a wafer at homogeneity. On the other hand, depending on the case, a hole 315 is ****(ed) and arranged at an

ununiformity. The range of the diameter of a hole 315 is 0.2mm – 1.3mm (about 10 mil – 50mil) preferably 0.1mm – 2.5mm (about 5 mil – 100mil). Preferably, the gas distribution hole 315 is designed so that the homogeneity of the deposition on a semi-conductor wafer may be promoted. In order to avoid formation of a deposit to a field manifold outside (below), a hole (and the above-mentioned manifold temperature) is designed so that deposition of the soft deposit on the front face from which it may come off and fall on a wafer during processing and after processing especially may be prevented. In a concrete example, the array of a hole is one of the holes 315 of the ring of a concentric circle mostly. The distance between contiguity rings (spacing of *****) is almost equal, and is almost equal. [of spacing of each endocyclic *****] Perfect explanation of arrangement suitable for a gas distribution hole It shall be indicated by U.S. Pat. No. 4,872,947 of Wang by which joint transfer was carried out, and the publication of the specification of the patent shall be included in this application specification.

[0083] The gas distribution plate 301 is the almost circular disk 321 containing two or more gas distribution holes 325 which distribute gas to the chamber 317 formed between the external mating standoff 316 and the gas distribution plate 20. As for a base plate 265, it is desirable that 2nd interior stone DOOFU 318 which distributes the gas which passes a base plate 265 to the chamber 320 (refer to drawing 8) which ****(ed) the distributed plate 301 from the base plate 265, and was formed between the mating standoff 318 and the plate 301 is included. Moreover, the gas distribution plate 301 can form the groove (not shown) which forms a chamber 320 rather from a mating standoff 318. The diameter of the distributed hole 325 is usually about 0.02mm – 0.04mm. The distributed plate's 301 being contained in the suitable example of this invention is naturally recognized by this contractor. However, in other examples, process gas is directly passed from a base plate 265 to the chamber 317 of the gas distribution plate 20.

[0084] As shown in drawing 8 and drawing 9 , a base plate 265 is really which functions as attaching process gas in the gas distribution plate 301, and attaching delivery and all the internal lid assemblies 230 in the body unit of a processing chamber a shaping integral element. In RF plasma process, the isolator (not shown) which the internal lid assembly 230 carries out electric insulation of the chamber lid from touch-down, and separates a chamber from RF gas box (not shown) is contained. The useful concrete lid assembly shall be indicated by U.S. Pat. No. 4,872,947 of Wang in RF plasma process, and the publication of the specification shall be included in this application specification.

[0085] As shown in drawing 15 , a base plate 265 has the front face 321 of the bottom which forms the annular pump channel 40 which exhausts deposition gas (stated to a detail in the bottom). As shown in drawing 8 and drawing 9 , a base plate 265 forms the central hole 327 which leads to the introductory tubing 43 into which the mixed process gas from the mixed gas box 273 is put. The hole 327 leads to the groove 311 of the gas distribution plate 301 with which even a hole 315 makes plate 301 both ends distribute gas again. A base plate 265 forms the cooling agent path 93 which has the inlet port 331 further connected [part / of a plate 265 / the] with the cooling system 215 cooled by reflux through the part of a plate 215 in cooling agent liquid, and an outlet 333. Preferably, a cooling agent path is formed in some base plates 265 comparatively near set screws 303 and 305. Thereby, conductive cooling becomes easy through the contact surface of distribution and the distribution plates 301 and 20, and the front face 326 under a base plate 265. Detailed explanation of the concrete design about the cooling agent path 93 is the application number 08th under coincidence connection for which it applied on April 16, 1996 and by which joint transfer was carried out / No. 631,902. (surrogate reference number No. 1034) And U.S. Pat. No. 4,872,947 by which joint transfer of the Wang was carried out shall see, and the publication of these specifications shall be included in this application specification.

[0086] A base plate 265 forms the annular groove 343 which attaches the central hole 327 arranged at the groove 343 stopped by the base plate 265 on the cooling agent path 93, and the annular cap 345 about drawing 9 . Preferably, the annular cap 345 is welded to the top face of a base plate 265 so that it may seal firmly on a path 93, and it prevents exsorption of the cooling agent from a path 93 effectively. By this arrangement, a path 93 is formed in near relatively [plate / 20,301 / gas distribution and / distributed]. Furthermore, by forming a groove in the top face of a base plate 265, a path 93 is built and the cost and complexity of a manufacture plate decrease.

[0087] The alternative-like example of internal lid assembly 230' is described here about drawing 11 and drawing 12 . The gas distribution plate 301 and the gas distribution plate 20 with which lid assembly 230' distributes a base plate 265, process gas, and a clean gas to a chamber 15 are contained like a front example. Furthermore, in order that a base plate 265 may cool other components of a base plate 265 and

lid assembly 230', the annular cooling agent channel 500 which puts in cooling agent liquid like water is contained. In this example, the annular fluid channel 502 to which the base plate 265 is extended around the central hole 295 on the gas distribution plate 301 for which the part and heat of a base plate 265 are exchanged immediately on gas distribution and the gas distribution holes 325 and 351 is contained further. [0088] Two or more bypass paths 510 where internal lid assembly 230' is extended from the chamber between a base plate 265 and the gas distribution plate 301 to the vacuum 15 are included. The bypass path 510 has the resistance smaller than gas distribution and the gas distribution holes 325 and 315 to a fluid flow. Therefore, the gas of most which flows to a chamber 320 passes through the bypass path 520 to the direct vacuum chamber 15. In a concrete example, it is desirable that the bypass path 510 is ****(ed) around a base plate 265 in order to send gas to a chamber 15 at homogeneity (drawing 11). It sets to suitable use of this example, and is NF3. Washing gas [like] passes respectively a chamber 320, gas distribution, and the gas distribution holes 325 and 315. Furthermore, a part of washing gas passes through the bypass path 510 to the direct chamber 15, and it makes easy supply to the chamber 15 of washing gas. As for vacuum evaporatio~~no~~ equipment 10, in this example, it is desirable to include a control system like the bulb connected with the controller (not shown) which prevents that gas passes through the bypass path 510 (or at least inhibition). For example, for process gas to pass gas distribution and the gas distribution holes 325 and 315, and to distribute to homogeneity on a wafer typically, during processing, is wished. Therefore, a bulb is shut in order to prevent from process gas passing through the bypass path 510. When a chamber is washed, a bulb opens and a part of washing gas [at least] is quickly sent to a chamber. Thereby, the rate and effectiveness of a washing process increase and the down-time of equipment 10 is shortened. It also stands to reason that it is recognized that process gas is sent through the bypass path 510 depending on the case.

[0089] C. in order that the pump (not shown) arranged to the exterior of CVD system 10 may pour the both sides of the residue in process gas and a purge gas list through the annular pump channel 40 about the exhaust air pedigree table 6 - drawing 8 from a chamber 15 — reduced pressure — giving — emission — emit from equipment 10 along with a conduit 60. As shown in drawing 15, deposition gas and a clean gas are exhausted by the radial on Wafer W (shown by the arrow head 351) through the annular slot form orifice 355 around a chamber 15 to the pump channel 40. As for the annular slot form orifice 355 and a channel 40, it is desirable to be formed by the gap between the upper part (to refer to drawing 7 and drawing 8 including the interior 253 of the chamber liner 250) of the cylindrical side attachment wall 17 of a chamber and the pars basilaris ossis occipitalis of a base plate 265. the pump channel 40 to gas — the perimeter of a channel 40 — and the emission which passes over the vacuum shutoff valve 363 (being accumulated with a lower chamber body is desirable as for the body) through the gas passageway 361 extended toward the bottom, and is connected to an external vacuum pump (not shown) — it flows to a conduit 60.

[0090] Moreover, the separate pump plate (not shown) which has two or more gas eyes by which CVD system 10 leads to the process chamber 15 and the pump channel 40 directly is contained. In this example, a gas eye is ****(ed) around opening of the center of a chamber, in order to make uniform emission of process gas easy through a hole. In order to hold the relative position of an inlet port and an outlet, a gas eye can be extended [from the inlet port which faces central opening] toward outside to a radial to an outlet. The sense of the radial of this hole contributes to quite uniform emission of process gas and purge gas, and exhausts the residue from the processing chamber 15. Detailed explanation of this type of pump plate is the application number 08th under coincidence connection for which it applied on February 26, 1996 and by which joint transfer was carried out / No. 606,880. (surrogate ***** No. 978) It shall see and the publication of this specification shall be included in this application specification.

[0091] The separation bulb 371 and throttle valve 373 which have been arranged along emission Rhine 60 where the bulb assembly (throttle-valve system) 369 controls the rate of flow of gas through the pump channel 40 are contained about drawing 6 and drawing 7. The monitor of the pressure in the processing chamber 15 is carried out with capacitance 381 and 383 (refer to drawing 6), and it is controlled by changing the flow cross section of a conduit 60 by the throttle valve 373. Preferably, a processor 50 regains the signal which shows a chamber pressure from manometers 381 and 383. It asks for required adjustment of the throttle valve 333 taken for a processor 50 to maintain the request pressure in a chamber 15 compared with the setting-pressure value which put in the measuring pressure force value by the operator (not shown). A processor 50 relays an adjustment signal to a drive motor (not shown) through

a controller 385, and adjusts a throttle valve to a right setup corresponding to a setting-pressure value. The suitable throttle valve for use by this invention is the application number 08th under coincidence connection for which it applied on June 28, 1996 called "the amelioration equipment and the approach" of controlling a process chamber pressure and by which joint transfer was carried out / No. 606,880. (8918th/DCVD-II/MBE number of a surrogate reference number) It shall see and the publication of this specification shall be included in this application specification.

[0092] The separation bulb 371 is used in order to separate the process chamber 15 from a vacuum pump and to make the fall of the chamber pressure by the pump action of a pump into the minimum. It is used in order that the separation bulb 371 may authorize the massflow controller (not shown) of CVD system 10 with a throttle valve 373. In a certain process, a liquid dopant is evaporated and it is sent to the process chamber 15 together with carrier gas. A massflow controller is used in order to carry out the monitor of the gas to a chamber 15, or the rate of flow of a liquid dopant. During assay of MFC, the separation bulb 371 restricts or limits the quantity of gas flow of 373 to a throttle valve, makes max pressure build-up in a chamber 15, and makes MFC assay easy.

[0093] D. A heater / lift assembly 30 is stated to a detail about a heater / lift assembly drawing 16 - drawing 23 here. A heater / lift assembly 30 functions in order to raise a wafer to the processing location in the vacuum chamber 15 and to heat a wafer during processing. Being changed in order first to use various processing chambers other than the concrete SACVD chamber by which the heater / lift assembly 30 was indicated and illustrated by this specification, or in order to put in directly into it should be taken notice of. For example, a heater / lift assembly 40 is used by the similar CVD chamber which generates the plasma with RF or microwave power, the metal CVD (MCVD) chamber, or the semi-conductor processing chamber which are other common use or is not common use.

[0094] As for a heater / lift assembly 30, the lift tubing 202 in the lift tubing 395 which surrounds the support shafts 391 and 393 under the drive assembly 400 which moves perpendicularly the heat-resistant wafer support pedestal connected with the vertical support shafts 391 and 393 or a heater 25, a heater 25, and a heater 25, shafts 200 and 201, and a chamber 15 is usually contained about drawing 16 and drawing 20. A heater 25 (and wafer supported on it) can move controllable between lower loading / non-loading locations, and is substantially located in a line with the processing location on under the slot 243 in the enclosure assembly 200, and the gas distribution plate 20 so that it may be stated to a detail in the bottom (drawing 7 and drawing 8). As shown in drawing 7 , as for a heater 25, the wafer support top face 403 where the wafer was surrounded by the ring which raised the surrounding flange 405 so that it might be located correctly is included during processing. The diameter of the wafer support front face 403 is almost equal to the diameter of Wafer W in deposition temperature, for example, the temperature of the range of about 200 degrees C - 800 degrees C. this diameter -- typical -- the case of the wafer of large size -- about 150mm - 200mm (about 6 inches - 8 inches) -- it is -- the case of the wafer of small size -- about -- it is about 75mm - 130mm (about 3 inches - 5 inches). It stands to reason that other wafer sizes like the diameter of about 300mm (about 12 inches) are within the limits of this invention in suitable modification of a chamber, the chamber lining 250, and the support heater 25.

[0095] As for the support heater 25, it is desirable that the disk built with comparatively high processing temperature, i.e., the processing compatibility ingredient which can be borne more than it to 600 degrees C - 800 degrees C, is included. This ingredient has resistance in elevated-temperature deposition and deposition from reactant chemistry with relation, and resistance is in etching by the free radical in a clean gas. The suitable ingredients for a heater 25 are ceramics, such as alumimium nitride and an aluminum oxide. Since pyroconductivity is high, and corrosion resistance is excellent and the tolerance limit of a thermal shock is excellent, the suitable ingredient for a heater 25 is alumimium nitride. Therefore, in the desirable example, the external surface of the whole heater 25 contains alumimium nitride especially. Thermophylic ability of alumimium nitride is high and its resistance over the fluorine used by the chamber 15 and ozone chemistry is high. Use of the alumimium nitride for a heater 25 has little metal mixing of the tooth back of stainless steel or an aluminum ***** processing wafer, and a reliable device is obtained. furthermore, aluminum -- a chamber or a wafer -- just -- being alike -- there are a fluorine content compound typically used for the washing gas which accumulates and comes off and forms the layer of the aluminum fluoride compound which falls, and an inclination to react, and mixing is produced (it states to a detail in the bottom). If the heater 25 of alumimium nitride is built, the reaction which poses the problem under washing will be eliminated effectively.

[0096] The various drives with which the drive assembly 400 contains an air cylinder, a controllable motor, etc. are contained about drawing 13 -14. The stepper motor 407 preferably connected with the heater through the suitable gear drive 409 is operated so that a heater 25, shafts 391 and 393, and the lift tubing 395 may be perpendicularly driven by the increment by which loading / non-loading location, and processing location tubing were controlled. The up-and-down bellows 411 and 413 with which the drive assembly 400 was attached between the edge of a shaft 391 and the pars basilaris ossis occipitalis of a processing chamber in order [of a heater 25] to make free vertical migration possible substantially are contained. Furthermore, bellows 411 and 413 enable angle migration in order to make a substantially parallel thing perform while the gas distribution face-plate 20 and a heater 25 process.

[0097] About drawing 8 , drawing 16 , and drawing 20 , the lift tubing 395 surrounds the part under the upper shaft 391, and gives insulating from the heat energy which emits the upper bellows 411 from the interior of a shaft 391, a heater 25, and the processing chamber 15. The lift tubing 395 contains the annular flange 422 which usually attaches in a shaft 418 the annular strike plate 420 and plate 420 which appear in the top face of the aluminum shaft 418 and a shaft 418. As for a flange 422 and the strike plate 420, it is desirable to be built with the ingredient which can bear an elevated temperature like alumimium nitride or an aluminum oxide (a ceramic or aluminum $2O_3$ of the form of an alumina). A flange 422 and the strike plate 420 insulate the aluminum shaft 418 from a heater, in order to make the camber to the heater shaft 391 of a shaft 418, or fusion into the minimum. In a concrete example, a spring [like / lift tubing / the wave spring loaded with sounding grumblingly between the flange 422 and the strike plate 420 prevention or in order to prevent at least] (not shown) whose strike plate 420 is is contained.

[0098] As shown in drawing 8 and drawing 20 , two or more four wafer support / lift fingers 430 are usually preferably let slide and attached two pieces in the guide stud 432 ****(ed) around the heater 25. Since a finger 430 is extended downward under a heater 25, the strike plate 420 can engage a finger 430, and it can lift it on the top face of the heater 25 of loading and a non-loading wafer. As for the lift finger 430, it is desirable to be built with a ceramic ingredient like an aluminum oxide, and it usually has the cut-off double cone form head (not shown). although not being distributed to homogeneity around a heater 25 is desirable as for four lift finger guide studs 432, the rectangle which has at least one side face larger than the width of face of a robot blade instead is formed, it is a typically thin even bar (not shown), and the lift finger 430 lifts a wafer around it — kicking does not become impossible The bottom edge of the lift finger 430 is round. in order to make into the minimum the finger combined with a heater during processing, the diameter of a finger 430 is relatively thick — about 3mm - 5mm (about 100 mil - 200mil), it is about 4mm (about 150 mil) preferably, and die length is relatively short — it is 51mm (2 inches) preferably about 25mm - 76mm (about 1-3 inches).

[0099] During use, when a heater 25 is in a location (or actually immediately under a slit 243) opposite to a slit 243, a robot blade (not shown) carries a wafer to a chamber 15. A wafer is supported with the lift finger 430 and lifted on a heater 25 on the strike plate 420 in the beginning. since the lift finger 430 is gone up with a heater 26, it flies a stop (not shown) — it is flooded. Since a heater 25 continues going up to a processing location opposite to the gas distribution face plate 20, the lift finger 430 sinks in the guide stud 432 in a heater 25, and deposits a wafer on the wafer support front face 403 in the annular flange 405. In order to take out a wafer from a chamber 15, the above-mentioned step is performed conversely.

[0100] The resistance heater coil assembly 440 is held about drawing 16 in the heater 25 which moves heat during processing at a wafer. The up-and-down support shafts 391 and 393 support a heater 25, and hold a required electrical connection part to the heater coil assembly 440 in the hollow core 445 (after-mentioned). The upper support shaft 391 is made of the ceramic ingredient which can bear comparatively high processing temperature. Preferably, a shaft 391 is built with diffusion joint alumimium nitride, and when alumimium nitride does not exist, it prevents the attack by the chemistry used for the deposition and its chamber 15 to the electrode and electrical connection part to produce. In order to make between a heater 25 and a shaft 391 airtight so that the hollow cores 445 of a shaft 391 may be ambient temperature and a pressure (preferably atmospheric pressure, i.e., 760torr, or one atmospheric pressure), as for a shaft 391, it is desirable at a heater 25 that diffusion association is carried out. In other examples, although the hollow core 445 is about 10 degrees C - 200 degrees C in the pressure of about 0.8 atmospheric pressures - 1.2 atmospheric pressure, and temperature, chambers 15 are the temperature of about 400 degrees C, and the pressure of about 20 mtorr - about 600 torr(s) at least. This arrangement is useful to protecting an electrode and other electrical connection parts from the corrosion from the process gas and the clean gas

in a chamber 15. Furthermore, if the hollow core 445 of a shaft 391 is maintained with ambient temperature, the arc to a power lead or a RUMINIUMU shaft will be made into the minimum through the hollow core 445 from RF power source. Therefore, the arc produced under vacuum is avoided.

[0101] The upper support shaft 391 is connected with the base 455 which gives the gas seal between elongation, a shaft 391, and a chamber 15 to the field under the enclosure assembly 200 through opening 453 about drawing 16 and drawing 17. The upper support shaft is stopped by the lower support shaft 393, for example, is fastened by the bolt, and contains aluminum or a suitable process compatibility ingredient like an aluminium alloy. As for the lower support shaft 393, it is desirable that it is a water cooling aluminum shaft. However, the lower support shaft 393 can contain a ceramic ingredient like an aluminum oxide or aluminium nitride. One or more sealing members 457, for example, an O ring, are arranged between a shaft 391 and 393, and it maintains the gas seal between a core 445 and a chamber 15. As shown in drawing 16, the lower support shaft 393 is attached in the perpendicular movable base material 461 on the drive assembly 400 which moves the shafts 391 and 393 and heater 25 between a loading location and a processing location. A shaft 393 forms the internal cooling agent channel 463 which passes the surroundings of an electrical connection part, and insulates the connection part from the elevated temperature of a shaft. The cooling agent channel 463 has the inlet port and outlet 466 which were connected with the water connection parts 217 and 219 of the liquid cooling system 215. The cooling agent channel 463 maintains low temperature relatively [a lower chamber field], and protects the sealing member 457. In the alternative-like example, the heater assembly 30 is extended through the opening 453 under the enclosure assembly 200 including the single shaft (not shown) which supports a heater 25. The sealing member 457 is not used in this alternative-like example.

[0102] the heater coil assembly 440 — about 20-degree-C rate for /— the temperature within a chamber — even if few, it is arranged so that it may become about 200–800 degrees C. The heater coil 471 with which the heater coil assembly 440 was embedded at the ceramic heater 25 is contained about drawing 18 and drawing 19. routing of the heater coil 471 embedded at the heater base 25 — the electric contact part near the center of a heater 25 — starting — one side of a heater 25 — meeting — the perimeter — going — back and before — moving — another field of a heater 25 — the [elongation and] — 2 electric contact part 474 — the center of a heater 25 — going — back — and it is desirable to give the single coil 471 which moves in front. Although this loop-formation pattern is heated in order to maintain almost uniform temperature at the width-of-face both ends of a plate, it makes heat loss possible. Preferably, the heater coil 471 gives about 400degree-C+ / -2 degrees C and at least 600 degree-C+ / -8-degree C uniform temperature distribution at least to the wafer directions surface both ends of a heater 25. In a concrete example, the heater coil 471 has large power flux density near the center of a heater 25 in order to reduce a heat gradient from the heater shaft 391.

[0103] As shown in drawing 21, as for the heater coil assembly 440, it is desirable that the embedded RF reticulated touch-down flat electrode 473 connected to two or more conductor lead wire 475 extended to a suitable electric energy source through a shaft 341 is included. The reticulated touch-down plane element 473 is a molybdenum grid which gives a touch-down way and process resistance in the example for which a plasma process is used. As for lead wire 475, it is desirable that the conductive ingredient which can bear comparatively high process temperature, such as nickel and copper, is included. In a concrete example, lead wire 475 is each nickel wire connected with the electrode 473 in the metal insertion part 477 co-sintered by the electrode 473, in order to avoid soldering between a ceramic and a metal. As for the insertion part 477, it is desirable that the ingredient which has the relatively close thermal-expansion adjustment over aluminium nitride like molybdenum is included. The molybdenum insertion part 477 is respectively stopped by the molybdenum plug 481, for example, is soldered, and is soldered at lead wire 475 so that it may be illustrated. A sheath is mainly carried out by resistance-wire or continuation insulation coating (what was mentioned above) which mainly permits an elevated temperature so that all the wires of the heater coil of an electric conduction line may bear cast molding of the body of an aluminium nitride heater.

[0104] At least one thermocouple 491 with which a heater / lift assembly 30 determines the temperature of a heating coil 471 is contained about drawing 16, drawing 22, and drawing 23. A thermocouple 491 is contacted on the inferior surface of tongue of the heater 25 which is distant from the bottom of a wafer 6mm (about 0.25 inches), and the ERON gate tubing 493 which has the sensor 495 (drawing 16) inserted and held is contained. The thermocouple guide (drawing 22) with which the heater 25 soldered the sensor

495 of a thermocouple 491 to the heater element 473 linked to an element 473 is included for the purpose of it. A thermocouple 491 is appropriately held by few spring force from compression spring 503 (drawing 23), and gives a control signal to a temperature controller (not shown). A sensor 495 is desirable, being arranged at the well 505 in atmospheric pressure raises the heat transfer between a heater element 473 and a thermocouple 491, and it reads it correctly. A temperature controller is a recipe type proportional integral differential (PID) controller which expects the recipe step which is going to start the response characteristic of a heater and changes it, in order to maintain a uniform temperature profile. The lower vacuum seal and lower ground connection part of the support shaft 393 are built along the side face of a shaft 393 (not shown), and the connection with the heater wire edge 511 and the thermocouple tube end 513 is built with atmospheric pressure conditions.

[0105] When this invention is using it, and a heater 25 is in a location (or in fact immediately under a slit 243) opposite to a slit 243, a robot blade (not shown) moves a wafer to a chamber 15. A heater 25 and a wafer are lifted with the drive assembly 400 in a processing location, and since the lift finger 430 sinks in the guide stud 432 in a heater 25, a wafer is deposited on the wafer support front face 430 in the annular flange 405 of a heater 25 (drawing 8 , drawing 16 , and drawing 17). TEOS and process gas like O₃ pass along gas passageways 83 and 85, and are mixed together in the mixing zone 93 of the gas mixture box 273 (refer to drawing 7 and drawing 6). Next, it is sent to the chamber 320 on the gas distribution plate 301 through the aisleway 295 of the introductory tubing 43, and the central hole 327 of a base plate 265, and distributes outside, and mixed gas flows to the chamber 317 on a gas distribution plate through a hole 325 (refer to drawing 8 and drawing 9). Preferably, gas is distributed to homogeneity on a semi-conductor wafer (not shown) through the gas distribution hole 315.

[0106] Typically, since the temperature of the wafer on a heater 25 is held by the heater coil assembly 440 more highly than the minimum deposition temperature, process gas reacts together on a wafer front face, and it deposits a layer. In detail, a current progresses to resistance inductance 473 through the conductor wire 457, and heats a wafer according to each example in temperature of about 200 degrees C – 800 degrees C. In a suitable example, temperature is controlled by the feedback control system (it indicates to the above-mentioned heater control subroutine 167) which maintains a ramp rate based on the current temperature in a chamber. The internal lid assembly 230 regains heat during the processing from the various sources of supply containing the gas to pass, the heated semi-conductor wafer, and a wafer heating source of supply. In order to maintain the component of the lid assembly 230 lower than the minimum deposition temperature, and in order to avoid the gas reaction and deposition on the component, a cooling agent liquid is introduced into the cooling agent channel 93, and heat is removed from gas distribution and the distributed plate 20,301 in base-plate 265 list.

[0107] In order to make reduced pressure under deposition processing and the inside of the pump channel 40, a vacuum pump is activated, and process gas and the plasma residue are drawn out through a channel 40 and an exhaust port 361 from the processing chamber 15 (drawing 8 and drawing 15). Furthermore, purge gas can usually progress to the processing chamber 15 upward through the gap between the interior 253 of SASUSEPUTA 25 and a liner 250. Purge gas makes the minimum exsorption to the part under equipment 10 for process gas, and makes removal of process gas easy through an exhaust port 361.

[0108] E. The integral remote microwave plasma pedigree table 24 is a simple diagram of the remote microwave plasma system 55 which washes the wafer and/or process chamber by the example of this invention. Although [which reaches and probably *****] the wafer in a chamber 15 and/or the component of a chamber 15 are etched or washed efficiently and it is useful, the microwave plasma system 55 separates from the useful processing chamber 15, and generates the plasma. Optimization element; and the magnetron 711 containing the impedance matching system 701 which can contain the circulator 705 which has a selection phase detector for the example for which the microwave plasma system 55 needs feedback of applicator tubing 292; plasma ignition system (after-mentioned); microwave waveguide system (after-mentioned); automatic impedance matching, and a load 707 are contained.

[0109] A magnetron 711 is a continuous wave (CW) or about 2.45GHz. (GHz) It is the typical source of a magnetron which can be operated by about 500W – 2500W about the pulse output of the microwave of a frequency. A magnetron 711 is supplied with the power source 110 (it illustrates to drawing 3) a location is indicated to be by RIMOTO from a magnetron 711. It stands to reason that other magnetrons are used similarly. The microwave from a magnetron 711 is spread in the microwave waveguide system containing the various die length of the straight line combined together at joint 719, and the curvilinear waveguide

partitions 715 and 717. It is dotted with the optimization element which works in order to give little maximum microwave propagation of the loss which minimum-ized reflection loss and to protect a magnetron from damage by reflective power in a waveguide system. The next explanation is the direction of the request to the applicator tubing 292 from a magnetron 711.

[0110] In each example, a microwave plasma system has the magnetron 711 connected to the circulator 705 which has a load 707 as shown in drawing 24 . Only the microwave propagation to the front is possible for a circulator 705 toward the applicator tubing 292 from a magnetron 711. A load 707 absorbs the power conversely reflected toward a magnetron 711 from a waveguide system. Having, a circulator 705 and a load 707 advance microwave to the front sense, and protect a magnetron 711 from the damage from reflective power. A circulator 705 is connected to the waveguide 715 connected to the phase detector 703 connected to another waveguide partition 715. When using it, a phase detector is connected with another waveguide partition 715 which attached alignment or the adjustment system 701 through the curvilinear waveguide partition 717. The alignment system 701 which can use a stub tuner or other alignment elements equips the plasma microwave system 55 with the characteristic impedance of the capacity which adjusts the load of the waveguide partition 721 to 50ohms, and a waveguide. The alignment system 701 can give fixed alignment, manual alignment, or automatic tuning according to each embodiment. the operative condition using automatic tuning — like therefore, phase discriminator is 3 diode array which detects the phase of the microwave spread in order to feed back to the alignment system 701, and aligns a suitable load mentally and dynamically. In each embodiment, although a waveguide partition has a rectangle cross section, the waveguide of other classes is also used.

[0111] The microwave which progresses an optimization waveguide system is spread from the output waveguide partition 721 to the applicator tubing 292, and the plasma is generated so that drawing 24 may see. The applicator tubing 292 has the input supply line 57 containing the reactant gas to which energy is given by microwave through a waveguide system and other optimization elements from a magnetron 711. the applicator tubing 292 — each operative condition — it is circular (or other cross sections) tubing which followed like and was built with the ingredient of compound or a ceramic ingredient, and the others that have resistance in etching according to an alumina or the free radical of the plasma preferably. In each embodiment, the length is [the diameter of about 90cm – 61cm (18 inches – 24 inches) and a cross section of the applicator tubing 292] about 8cm – 10cm (about 3 inches – 4 inches). The applicator tubing 292 has been arranged by the waveguide partition 721, in order to spread microwave, the end has opened it wide, and the end has already finished with the metal wall. Next, microwave can be spread through the open end of the waveguide partition 721 to microwave in the reactant gas inside the transparent applicator tubing 292. It stands to reason that other ingredients like sapphire are used for the interior of the applicator tubing 292. In other embodiments, the applicator tubing 292 has the metal exterior and the interior which were made with compound or a ceramic ingredient, and the microwave of the waveguide partition 721 goes into the interior of exposure of tubing 292 through the exterior of the applicator tubing 292, and it gives energy to reactant gas.

[0112] In each embodiment, the plasma attached in the metal wall of the waveguide partition 721 depending on the case is lit by the plasma ignition system including the ultraviolet-rays (UV) lamp 731 and the UV power source 721. It stands to reason that the UV power source 733 is attached in other various locations of a metal wall. The UV lamp 731 supplied by the UV power source 733 ionizes the plasma in the applicator tubing 292 first. Next, the flow of the free radical included in the inlet port 290 where microwave energy maintains ionization of the ignition plasma, and results in a chamber 15 through a gate valve 280 is produced. For change of the load in the applicator tubing 292 from the installation and ionization of reactant gas in tubing 292, use of the adjustment system 701 optimizes the microwave energy connected with effectiveness. In a suitable embodiment, as for the adjustment system 701, at least one stub tuner is contained under control of a processor 50 or the controller unit for automatic tuning. As mentioned above, the alignment element of other common use is also used for the adjustment system 701.

[0113] As mentioned above, the applicator tubing 292 is attached and connected to the bottom of the body of a chamber 15 so that the applicator tubing 292 may output a plasma free radical to the inlet port 290 of the enclosure assembly 200, as shown in drawing 7 . A free radical is preferably inputted into the path in the enclosure assembly 200 equipped with the liner 291 made in polytetrafluoroethylene (PTFE) through an inlet port 290. Teflon (trademark) PTFE of marketing like PTFE has resistance in etching or deposition from the reactant chemistry input in an inlet port 290. A liner 291 prevents the fluorine radical recombination in

the path in a clarification process. It is manufactured with the fluorination ingredient which contains a fluorination polymer [like PFA (it is the polymer which combines the carbon-fluorine frame and perfluoro-alkoxy side chain of polytetrafluoroethylene resin)] whose liner 291 is, fluorinated ethylene propylene (TFE), etc. other than PTFE. They are that a cross section is desirable and a path's is circular or the cross section of other types which an inlet port 290 and the cross section of the applicator tubing 292 suit. A plasma free radical is slushed into the conduit 47 in the clean gas manifold 270 to a gate valve 280 from this backed path of the enclosure applicator tubing 200. The clean gas manifold 270 is also built with PTFE. Since resistance is in etching according [PTFE] to a fluorine radical, the fluorine radical of PTFE is desirable to washing generated in the plasma. It stands to reason that it is manufactured with other ingredients (what described the above-mentioned liner 291) which have resistance in each chemistry based on the clean gas manifold 270 and the reactant gas by which the both sides of a liner 291 are used.

[0114] In a certain embodiment, as mentioned above, a gate valve 280 separates a clean process from a deposition process. As for a gate valve 280, a chamber 15 is usually closed between deposition, a reflow, or drive-in step *****. In the closed arrangement, a gate valve 280 is prevented from the particle in the conduit 47 used for a clarification process polluting a wafer during deposition processing, and the "vacancy" volume of a conduit 47 and a path is decreased during deposition. When happening with the gate valve 280 which the deposition in the pressure of about 200 torr(s) - 760torr opened wide, deposition is caused within the applicator tubing 292, contamination of a washing process is imitated, and it is **. In order to make deposition of a up to [the damage by the reactant chemistry from a conduit 47, or the closing bulb 280 by it] into the minimum, as for a gate valve 280, it is desirable to be manufactured by PTFE (or the same ingredient as what described the above-mentioned liner and the manifold 270). In a suitable embodiment, a gate valve 280 is a particle grade gate valve. In the embodiment using a gate valve 280, when a chamber 15 is used for a wafer washing step, or only when chamber washing is performed, a gate valve 280 is opened wide, and a plasma free radical is slushed into the fluid channel 293 of the gas mixture box 273 so that drawing 7 may see. As mentioned above, in a certain embodiment, a gate valve 280 is not used at all. Then, a plasma free radical is slushed into a chamber 15 through the gas distribution plate 20 through the annular path 295. It is made such and each part of the distribution plate 20 and a chamber 15 is washed. Next, the residue and use washing gas are exhausted from a chamber 15 by the above-mentioned exhaust air system. Washing on the washing process of a chamber 15 and the front face of a wafer is stated to a detail in the bottom.

[0115] F. the voice of everything [drawing 28 / the terminal point detection pedigree table 25 -] but this invention — it is the washing terminal point detection system 800 of the microwave plasma system 55 depended like. As mentioned above, as for equipment 10, it is desirable to use the heat cleaning method which uses remote microwave technology instead of the conventional spot plasma process in order to decrease metal mixing. In this invention, while a physical sputtering operation reacts with chamber Kabeuchi's aluminum, only a chemical reaction uses the quiet cleaning method which uses the remote microwave plasma system 55 for using the spot plasma process which has loam Lycium chinense in mixing of an aluminum metal in a processing wafer, and a contrast target.

[0116] in the washing process using the remote plasma system 55, although it is dusting preferably, the fluorine radical was advanced into the chamber and moderate heat clarification happened, the plasma is [being etching gas and] separated with a chamber (that is, refer to drawing 24 in the applicator tubing 292) — it is separated and generated from a chamber 15 like. This process has many advantages, in order to wash the wafer in the component of a chamber 15 and/or a chamber 15, but since the time amount which washing completed using the conventional terminal point detection system, i.e., the process gas residue of the last in a chamber, reacted with the washing etching agent, that there is no plasma into a chamber makes it difficult that the case where it is emitted from a chamber is shown correctly. Typically, the conventional terminal point detection system makes use of the plasma in a chamber reliance, checks the emission from the spot plasma, and asks for the end of a clarification process.

[0117] However, the terminal point detection system of this invention is used with the spot plasma or the remote plasma so that it may be shown by the microwave plasma system 55. For example, it sets in a concrete process and is SiO₂ in a chamber. In order to make it react with the powder residue, fluorine system gas is used, and it is SiF₄. Gas is generated and this is drawn out by the vacuum pump from a chamber. SiO₂ in a chamber When all are consumed substantially, fluorine system gas is SiF₄. It is SiO₂ in order to generate. It cannot react. Instead, fluorine system gas begins to pollute a chamber 15, or reacts

with the aluminum wall of a chamber, and generates an aluminum fluoride compound. As a result, it is SiO_2 in an approximate terminal point of the last. Since it is important that the residue searches for fluorine gas and the point of having reacted, in order to prevent that a fluorine radical goes into a chamber 15, a gate valve 280 is closed. The terminal point detection system 800 of this invention is SiF_4 so that it may be mentioned later. The terminal point of a washing process is searched for by detecting change of the intensity of light produced based on the absorbance of the light by the exhausted clean gas reaction component [like].

[0118] it is shown in drawing 25 — as — the washing terminal point detection system 800 — the emission between the separation bulb 371 and a throttle valve 373 — the firedamp detector 802 arranged along with a conduit 60 is contained. Naturally a firedamp detector 802 may be arranged in other locations in the exhaust air system of equipment 10. For example, a detector 802 is arranged on the lower stream of a river of a throttle valve 373, as shown in drawing 26 . In other examples, a detector 802 is arranged along with the bypass line 804 which puts in the sample gas stream from a conduit 60 as shown in drawing 27 . In this example, a bypass line 804 changes the flow rate which passes through Rhine 804, or the control bulb 806 which stops completely the gas flow in alignment with the bypass line 804 under gassing of the wafer in a chamber is contained.

[0119] The suitable example of a firedamp detector 802 is described here about drawing 28 . The housing 804 which forms the run through hole 806 by which the detector 802 leads to the conduit 60 which passes the gas and other residues from a chamber is contained so that it may be illustrated. As for one pair of flanges 808 and 810, it is desirable to attach housing 804 in a conduit 60. The apertures 812 and 813 of one pair of infrared radiation (IR) arranged so that the side attachment wall of housing 804 may pass far infrared rays are contained. Far infrared rays have the wavelength which starts in about 10 micrometers. As for the apertures 812 and 813 of IR, it is desirable that a transparent ingredient is substantially included in far infrared rays so that it may **** by die-length L and zero or the beam of light which is not almost substantially may be absorbed by apertures 812 and 813. Furthermore, the IR aperture 812 and 813 ingredients must be inactive to process gas and clean gas chemistry in process compatibility, and must not pollute the film. In the example in which a fluorine radical is used for a washing process, apertures 812 and 813 have resistance in a fluorine. As for the suitable ingredient for the IR apertures 812 and 813, germanium, a calcium fluoride, etc. are contained.

[0120] As shown to drawing 28 in a schematic diagram, since a detector 802 generates far infrared rays and penetrates the beam of light through apertures 812 and 813, the far-infrared lamp 814 with which the beam of light was connected suitable for the housing 804 which passes through a run through hole 806 is contained. The IR detector 816 is connected with housing 804 in the location which carries out reception detection of the far infrared rays which pass an aperture 813. Preferably, the far-infrared lamp 814 is a tungsten lamp which has an optical notch filter.

[0121] When this invention is using it, a clean gas reaction component (for example, SiF_4) is advanced along with the run through hole 806 of a conduit 60 and a detector 802. The far-infrared lamp 814 penetrates far infrared rays through an aperture 812, a run through hole 806, and an aperture 813, and receives them with a detector 816. A beam of light is a clean gas SiF_4 . Since it passes, these reaction components (namely, silicon) absorb some far infrared rays, and reduce the intensity of light received by the detector 816. A fluorine does not absorb far infrared rays. therefore, SiF_4 to which a detector 816 passes delivery and a conduit 60 for a signal for a controller (not shown) when the strength of the detected far infrared rays increases to a certified value or [that concentration fell considerably] — or having stopped completely is shown and it is shown that the washing terminal point reached. At this point, a controller closes delivery and a gate valve 280 to a processor 50, and it prevents a suitable signal so that etching gas may not have chamber ** ON. the above-mentioned concrete washing process — setting — the terminal point detection system 880 — about 10 micrometers Clean gas reaction component SiF_4 which absorbs a beam of light on wavelength And about 5 micrometers – 6 micrometers The source of supply 814 which supplies the far infrared rays absorbed with the fluorine which absorbs a beam of light on wavelength, and the detector 816 to detect are used. In other examples, a source of supply 814 and a detector 816 can show different wavelength, and are influenced by the absorbance property of each clean gas reaction component used in a clean gas process.

[0122] As an example, it is IO. SiF_4 It is far-infrared line intensity in case the conduit 60 is not flowed and a detector 816 receives all strength from a lamp 814. SiF_4 (I) decreases in the strength which far infrared

rays are absorbed and is received with a detector 816 as a run through hole 806 is flowed during washing. It is shown by the following type.

[0123] $I/I_0 = \exp(-X \cdot L \cdot C)$

It is SiF₄ to which X is the absorbancy index of the IR apertures 812 and 813 or a filter (not shown) among a formula, L is the die length of apertures 812 and 813 (refer to drawing 28), and C passes a detector 802. It is concentration. I/I₀ It is SiF₄ when the value of 1 is reached. Concentration falls and means that a washing terminal point is near. A controller is I/I₀ until this value meaning the washing terminal point having reached approaches 1. A ** monitor is carried out continuously.

[0124] Although the above-mentioned explanation is related with the CVD chamber of a multi chamber processor, it is possible to carry out the description of this invention of a certain kind about other plasma-etching chambers, a physical deposition chamber, etc. Therefore, above-mentioned explanation and above-mentioned instantiation should not be used as what limits the range of this invention defined by the above-mentioned claim. It should be taken notice of that this invention is not limited to the single-wafer-processing wafer chamber which was indicated above and which reached and was shown in the enclosed drawing. For example, the throttle valve of this invention is attached in the batch chamber which processes two or more wafers to coincidence. Furthermore, this invention is suitable for using it by the multi-wafer chamber which performs each processing step continuously about each wafer.

[0125] elevated-temperature multistage process A. using an II.CVD reactor system — concrete structure and concrete application drawing 29 are the simple sectional view of the integrated circuit 900 of this invention. NMOS and the PMOS transistors 903 and 906 are contained, and an integrated circuit 900 is mutually divided by the oxide electric-field field 920 formed of local oxidation or other technique of silicon (LOCOS), and is electrically divided so that it may be illustrated. Moreover, when transistors 903 and 906 are both NMOSes or both PMOSes, transistors 903 and 906 are mutually divided by shallow trench separation (not shown), and are divided electrically. Each transistors 903 and 906 include the source-of-supply field 912, the drain field 915, and the gate field 918.

[0126] A metal-containing dielectric (PMD) layer is divided from the metal layer 940 in transistors 903 and 906 in the connection part between the transistors built with the metal layer 940 and the contact part 924. The metal layer 940 is one of the four metal layers 940, 942, 944, and 946 contained in the integrated circuit 900. Each metal layers 940, 942, 944, and 946 are divided from an adjoining metal layer by each dielectric layers 927, 928, and 929 between metals. An adjoining metal layer is connected by selection opening by beer 926. If it deposits on the metal layer 946, flattening of the passivation layer will be carried out. CVD system 10 is used in order to make the film used as the PMD layer 921, the IMD layers 927, 928, and 929, or a passivation layer deposit. CVD system 10 is used in order to make the oxide packed bed of shallow trench isolation construction used instead of the LOCOS oxide electric-field field 920 deposit again.

[0127] Other examples of use of the above-mentioned CVD system form super-***** and the drain fields 912 and 915 which were shown in the concrete integrated circuit 900 of drawing 29. Drawing 30 - drawing 34 describe by making application of this approach of forming a super-** doped junction part in forming the source / drain field of an MOS transistor into an example.

[0128] Drawing 30 is the simple sectional view of a perfect MOS transistor partially. MOS transistor 1000 is only a PMOS transistor as an example. It stands to reason that an NMOS transistor is also formed. The dope dielectric layer 1008 used can be used as the BSG film as a source of a P type dopant about the PMOS transistor 1000. The gate electrode 1002 on the gate oxide 1003 is already formed on the ingredient 1004 so that drawing 30 may see. An ingredient 1004 can be made into N well formed in an N type substrate or a substrate in this example. The oxide electric-field field 1006 is formed by approach like silicon local oxidation (LOCOS). The field where it asks for a super-** doped junction part is formed using a mask. In this example, although these fields are the source / drain fields 1010 and 1012, it is formed so that a ** doped rain (LDD) field may be formed. If the above-mentioned CVD reactor system is used with the process recipe explained in full detail in the bottom, the dope dielectric layer 1008 will be formed on the source / drain field 1010 of the wafer which appears on the heat-resistant heater 25, and 1012.

[0129] Before making the dope dielectric layer 1008 form on the source / drain field 1010, and 1012, it is NF₃ from the above-mentioned remote microwave plasma system 55 about the front face of the source / drain fields 1010 and 1012. Plasma or heat NF₃ formed by reactant gas [like] The gate oxide or native oxide which can exist by using a steam is washed. in order for a washing procedure to wash the oxide

which can exist on the front face of the source / drain fields 1010 and 1012 — NF3 from — a gate valve 15 is wide opened so that a fluorine radical can go into a chamber 15. Washing of these oxides makes possible the drive-in dopant which was in agreement from the dope dielectric layer 1008 formed on the source / drain field 1010, and 1012. The fluorine radical from the remote plasma is used in order to wash a native oxide from the wafer in a chamber 15. In a washing procedure, a heater 25 is adjusted to the location where a fluorine radical can wash an oxide the optimal, without damaging the device on a wafer. Preferably, deposition of the native oxide removal / washing step and the dope dielectric layer 1008 is performed within the same chamber by the spot approach. Since the vacuum of a chamber 15 is not destroyed and a wafer is not exposed to an environment, use of above-mentioned CVD system 10 avoids the water absorption by the wafer. Moreover, the oxide which is not desired is NF3 in the spot. It is washed from a wafer by pyrolyzing. this alternate method — setting — a fluorine radical — a part (sccm) for about 200 to 1500 standard cubic-centimeter/— desirable — NF3 of about 500 sccm(s) and a case — O2 of about zero to 1000 sccm It is generated on that spot within a chamber 15 by introducing into a chamber 15. to coincidence, about 500 degrees C — 650 degrees C of chambers 15 are preferably heated to 600 degrees C — having — about 60torr(s)– 760 torr, it is preferably maintained by the pressure of 400torr(s), and a heater 25 is preferably ****(ed) from a plate 20 by about 15mm (about 600 mil) about 4mm – 22mm (about 150 to 900 mil). Therefore, the native oxide barrier of the front face of the source / drain fields 1010 and 1012 is washed.

[0130] After a washing step, the gate valve 280 of a certain example is closed in order to exclude from entering and depositing on the front face of a conduit 47 the reactant gas used for a dope dielectric layer deposition process. A heater 25 moves to a suitable processing location, and is heated to the temperature of true air assignment of a chamber 15 according to a desired process recipe. Next, the dope dielectric layer 1008 is formed in an elevated temperature (about 500 degrees C – 600 degrees C) within CVD system 10 as follows. Without having a native oxide barrier, the dopant from the dope dielectric layer 1008 formed on the wafer is carried in a substrate, and forms the super-** source / drain fields 1010 and 1012.

[0131] A wafer is in a chamber 15 after deposition of the dope dielectric layer 1008. next, the heat-resistant heater 25 and the wafer on it — time amount heating of assignment with an elevated temperature (about 800 degrees C) — it carries out. A heating step carries a dopant for a dope dielectric layer to the charge 1004 of N profile. The dope dielectric layer 1008 is used as a P type dopant diffusion source of supply for super-***** 1020 obtained as shown in drawing 31 . It stands to reason that a gate valve 280 is closed among the drive-in step. Instead of spot heating being carried out, a wafer is moved [*****] to an annealing electric furnace or a rapid heat treatment reactor (preferably multi chamber system), in order to carry out the drive-in of the dopant from the dope dielectric layer 1008 which acts as a source of dopant diffusion. diffusion — annealing — or — or it is performed by rapid heat treatment. desirable — these — others — in an example, diffusion is preferably performed by about 100 degrees C for about 1 minute for [about 1 minute –] 3 minutes at about 950 degrees C – 1100 degrees C using rapid heat treatment (to a good throughput sake).

[0132] The dope dielectric layer 1008 is removed from the charge 1004 of N profile after diffusion by dry cleaning, the wet etching method, or other removal methods. CVD system 10 is used in order to remove the dope dielectric layer 1008 by using the remote microwave plasma system 55 with suitable etching chemistry again. Although the gate valve 280 is closed, in order to enable the remote plasma to etch a layer 1008, a gate valve 280 is wide opened then, until removal is completed about the dielectric layer removal step. A removal step is performed on that spot, without moving a wafer from the heater 25 in a chamber 15. Moreover, a removal step is performed within other chambers detached within the same multi chamber system as CVD system 10 for dielectric layer removal, and avoids exposing a wafer to the environment of the vacuum exterior of a multi chamber. Drawing 32 is the perfect PMOS transistor 1000 partially after removal of the dope dielectric layer 100. Adjoining source / drain field 1020 whose PMOS transistors 1000 are the gate electrode 1002 and a super-** P type doped junction part are included. Then, the remaining process step is performed on a wafer for completion of a device.

[0133] Chamber clarification is performed after all the wafers (or several wafers) are processed within the chamber 15 of CVD system 10. After processing of a wafer is completed within a chamber 15, vacuum sealing of the wafer is moved and carried out through a slot 243. Next, a gate valve 280 can open, and it makes it possible to perform a chamber clarification process using the remote microwave plasma system 55 until a chamber is washed by the specification shown by the terminal point detection system.

[0134] In other examples, the step shown in drawing 33 - drawing 34 is performed after the step indicated by drawing 30 . After being formed on the source / drain fields 1010 and 1012, and the gate electrode 1002 so that the dope dielectric layer 1008 may be looked at by drawing 30 , a capping layer 1030 like USG on the dope dielectric layer 1008 is preferably formed in the spot process in a chamber 15. A gate valve 280 is closed during deposition of a layer 1008. Next, a substrate is heated in order to make it spread from the dope dielectric layer 1008 to a semiconductor material 1004 as above-mentioned drawing 31 was described. Moreover, a wafer is taken out from a chamber 15, in order to move a dopant to the annealing electric furnace or rapid heat treatment reactor diffused from the dope dielectric layer 1008, as above-mentioned drawing 31 was described. Preferably, rapid heat treatment is performed by the same multi chamber system whose chamber 15 (the dope dielectric layer 1008 and the capping layer 1030 deposited) is a part. The dopant from the dope dielectric layer 1008 which has the cap layer 1030 upwards is spread in a semiconductor material 1004, and forms a part for the super-** source / drain joint 1020 so that drawing 34 may see. Next, as the cap layer 1030 and the dope dielectric layer 1008 separate as mentioned above, are etched and are shown in drawing 32 for the remaining processing step, the perfect PMOS transistor 1000 is obtained partially. About 0.25 micrometers If a boron atom is diffused about the form of a device, the about 100A - 200A BSG thickness capped by the about 100A - 200A USG film is formed, and it is about 0.05 micrometers - about 0.1 micrometers of the suitable example of a PMOS transistor. A part for the joint of the range is obtained.

[0135] The source / drain fields 1010 and 1012 where the NMOS transistor 1000 is formed in the P type semiconductor material 1004 using a dope dielectric film 1008 like the PSG film or the arsenic dope silicate glass film as a source of a dopant according to the example of everything [part / for the gate electrode 1002 and N type super-*****] but this invention are included. The P type ingredient 1004 can be made into P well formed in the P type substrate or the substrate. about 0.25 micrometers a device form -- about 100A - 200A PSG thickness and the about 100A - 200A USG film -- about 0.05 micrometers of a suitable example - about 0.1 micrometers Lynn carried in the semiconductor material of the depth of the range is obtained. In order to obtain a part for N type or P type super-***** by the application, it stands to reason that it is recognized that other dope silicate glass film is used.

[0136] Other examples of use of this invention form a super-** dope field in the shallow trench isolation construction between devices as a channel stop. Application of this approach of forming a super-** channel stop field is described about drawing 35 - drawing 41 .

[0137] Drawing 35 is the simple sectional view of shallow trench isolation construction perfect on the partial target formed in the semiconductor material 1100. A trench 1102 is formed in a semiconductor material 1100 using an anisotropic etching technique including reactive ion etching, plasma etching, or other technique so that drawing 35 may see. A semiconductor material 1100 can be made into P well formed in a P type substrate or a substrate in this example. A mask 1104 is used in order to form a channel stop field by shallow trench separation. The dope dielectric layer 1106 is formed on a trench 1102 in the bottom using a mask 1104 using the process recipe stated to a detail. The dope dielectric layer 1106 supplies the source of a dopant atom which diffuses and forms the channel stop doping field used in order to prevent a track from forming between the devices of a semiconductor material 1100. About the P type ingredient 1100, the dope dielectric layer 1106 can be used as the BSG film as a source of a P type dopant.

[0138] NF3 later mentioned about the front face of a trench 1102 before forming the dope dielectric layer 1106 on a trench 1102 The gate oxide or native oxide which can exist by using the remote microwave plasma system 55 which supplies the fluorine radical in the remote plasma formed using reactant gas [like] is washed. Among a washing step, a gate valve 280 is opened so that a fluorine radical may flow from a conduit 47 to a chamber 15 through the distribution plate 20 through the annular external path 297. Since the heater 25 which has a wafer on it is lowered to the location of washing, the wafer of the oxide which can exist in the front face of a trench 1102 and which is not desirable can be washed without a fluorine radical damaging a substrate. Washing of the oxide makes possible the dopant of the drive-in which was in agreement from the dope dielectric layer 1106 formed on a trench 1102. Deposition of a washing step and the dope dielectric layer 1106 is performed within a chamber 15 in a spot process. Setting in the alternative-like example, a washing step is NF3 as mentioned above. It is carried out by carrying out spot pyrolysis. Next, NF3 The plasma or the fluorine radical from a steam washes the oxide which can exist in the front face of a trench 1102. In other alternative-like examples, a chamber with the above-mentioned

separate multi chamber system is used for the washing step. Since the water absorption by the wafer is avoided by not destroying the vacuum of a chamber 15 (or multi chamber system), the front face of a trench 1102 does not have a native oxide barrier. After a washing step is performed, a gate valve 280 is closed. The dopant from the dope dielectric layer 1106 forms a part for super-***** which is easily carried by homogeneity in a substrate and gives shallow trench separation and which is used as a channel stop field, without having a native oxide barrier. It is moved to a processing location and the heater 25 which has a wafer on it is heated by the elevated temperature (about 500 degrees C - 700 degrees C) which deposits a layer 1106.

[0139] A wafer is still in the chamber 15 of a drive-in step after deposition of the dope dielectric layer 1106. A gate valve 280 is closed and a heater 25 is heated by the elevated temperature (about 800 degrees C). Heating is produced the time of the assignment based on the desired junction depth needed for diffusion. Moreover, a wafer is moved to an annealing electric furnace or a rapid heat treatment reactor (preferably inside of a multi chamber system), in order to send a dopant to the P type ingredient 1100 from a dope dielectric layer. The dope dielectric layer 1106 is used as a source of P type dopant diffusion of the super-** channel stop field 1108 obtained as shown in drawing 36. The super-** channel stop field 1108 is P+ form field formed in the P type ingredient 1100.

[0140] The dope dielectric layer 1106 is removed from the P type ingredient 1100 by the wet etching method or other removal methods after diffusion. Preferably, since a wafer is still in a chamber 15, a gate valve 280 can etch the free radical from the remote microwave plasma system 55 from a layer 1106 while being opened wide. It stands to reason that the reactant gas input to the plasma system 55 is influenced by the class of dope dielectric layer 1106. Drawing 37 is perfect shallow trench isolation construction partially after removal of the dope dielectric layer 1106. Next, a trench 1102 is filled up with oxide 1110 and forms shallow trench isolation construction so that drawing 38 may see. In a suitable example, the high quality USG film deposited at the elevated temperature is used as an oxide 1110 filled up with the trench of a high aspect ratio. Even if an oxide 1110 uses other depositing methods, it is formed.

[0141] After completing the shallow trench isolation construction which has the super-** channel stop field 1108, it is formed as the devices 1112 and 1114 divided by shallow trench isolation construction are shown in drawing 39. As for devices 1112 and 1114, the gate electrode 1116, and the adjoining adjoining source / drain fields 1118 and 1120 are included respectively. Then, the remaining process step which completes a device is preferably performed by the multi chamber system by moving a wafer to other channels. After moving a wafer from a chamber 15, as above-mentioned drawing 30 - drawing 34 were described, chamber clarification is performed using the remote microwave plasma system 55, and the heat-resistant heater 25 is adjusted to a washing location, and opens a gate valve.

[0142] In the alternative-like example, the step shown after the step shown in drawing 35 at drawing 40 - drawing 41 is performed. After being formed on a trench 1102 and a mask 1104 so that the dope dielectric layer 1106 may be looked at by drawing 35, a capping layer 1110 like USG on the dope dielectric layer 1106 is formed within a chamber 15 in a spot process. A gate valve 280 is closed during deposition of the capping layer 1110. Next, as above-mentioned drawing 36 was described, spot heating of the substrate is carried out within a chamber 15 for the dopant drive-in which diffuses a dopant from the capped dope dielectric layer 1106 to a semiconductor material 1100. Moreover, as above-mentioned drawing 36 was described, in order to move from the capped dope dielectric layer 1106 to the annealing electric furnace aluminum rapid heat treatment reactor (preferably inside of a multi chamber system) which diffuses a dopant to a semiconductor material 1100, a wafer is taken out from a chamber 15. The dopant from the dope dielectric layer which has the cap layer 1110 upwards is spread in a semiconductor material 1100, and forms the super-** channel stop field 1108 so that drawing 41 may see. The cap layer 1110 makes gas drainage of a upward dopant the minimum from the dope dielectric layer 1106, and its dopant diffused to the substrate ingredient 1100 increases. After a diffusion step is performed, a gate valve 280 acquires perfect shallow trench separation on the partial target by which the both sides of the cap layer 1110 and the dope dielectric layer 1106 are etched using the remote microwave plasma system 55 by suitable etching chemistry, and are shown to drawing 37 for the remaining processing step of drawing 38 - drawing 39 while being opened wide. When a wafer is moved from a chamber 15, a gate valve 280 is in the closed location. Next, chamber clarification of a chamber 15 is performed by operating the plasma system 55 which opened the gate valve 280 wide.

[0143] About the shallow trench separation between the NMOS transistors of a P type substrate, the dope

dielectric film 1106 can consider as the BSG film. The dope dielectric film 1106 can be used as the PSG film or the arsenic dope silicate glass film about the shallow trench separation between the PMOS transistors of an N type substrate (or N well of a CMOS circuit). The depth is about 0.5 micrometers. 0.35 micrometers which has a trench 1102 About a small device form like the following, it is about 0.1 micrometers. The channel stop field 1108 of the junction depth is formed using the BSG film 1106 with a thickness [of the suitable example of this invention] of about 200A, and USG capping with a thickness of about 200A.

[0144] It must be understood that the simple integrated circuit 900 is a thing for only explanation. This contractor can enforce this approach to manufacture of other integrated circuits, such as a microprocessor, an application specification integrated circuit (ASICs), and a memory device. Furthermore, PMOS, MNOS, CMOS, and bipolar ** are applied for this invention to a BiCMOS device. This invention is used for other applications for which it asks for a super-** dope field although a part for the super-** source / drain joint and the super-** trench separation application are mentioned above. This invention is used for forming the non-doping oxide useful as various layers of an integrated-circuit device and dope oxide containing PMD, IMD, inactivation, and the Damascus layer again.

[0145] Concrete wafer washing, deposition, and chamber washing process which are operated to the spot in a chamber 15 or each according to the various examples of this invention are described below.

[0146] B. According to each example of washing this invention of the native oxide before deposition, it is washed before deposition of the dope dielectric layer for which the native oxide which can exist on the silicon substrate or field where it asks for a super-** doped junction part is used as for example, the source of dopant diffusion, or a PMD layer. It sets in the example and is NF3 by the remote microwave plasma system 55. A native oxide is washed by using the fluorine radical from the plasma generated with the reactant clean gas [like]. If the spot process in 1 chamber or the chamber of the same multi chamber system is used, while the high quality for super-***** generated according to each example of the is possible, moisture content is able to give few [and] small dielectric layers of shrinkage.

[0147] each example — setting — a chamber 15 — all washing processes — deposition temperature and the temperature of the range of about 300 degrees C – 650 degrees C — it is preferably maintained at about 550 degrees C – 600 degrees C. while a chamber 15 maintains the temperature — the pressure of the range of about 1 torr – 2torr — it is preferably maintained by about 1.5 torr(s). A heater 25 is moved to the location of 15mm (about 600 mil) from the gas distribution plate 20, a gate valve 280 is opened wide, and it is a clean gas NF 3. It is introduced at the rate of about 600 sccm(s) to the applicator tubing 292. For a clean gas, after being introduced to the applicator tubing 292 and stabilizing the pressure for about 3 seconds, microwave energy is NF3 in the applicator tubing 292. It is added. Next, about 500–2500W of about 1000–1500W microwave power is preferably applied for about 5 – 10 seconds from the magnetron 711 operated in CW mode. Microwave is spread through a waveguide and an optimization system from a magnetron 711 as mentioned above, and goes into the applicator tubing 292 through an aperture. The UV lamp 731 lights the reactant gas in the applicator tubing 292, and generates the plasma, and ionization is maintained by the microwave energy which goes into the applicator tubing 292 by the aperture. The free radical from the upper plasma generated with the applicator tubing 292 is outputted so that it may flow into an inlet port 290. A free radical flows the path where it was backed in the enclosure assembly 200 through the open gate valve 280 at the annular external path 297 to the conduit 47 of the clean manifold 270, and enters a chamber 15, and washes a native oxide from a wafer. Next, the clean gas reaction component and the oxide residue which were used are exhausted through an open throttle valve from a chamber 15. This explanation is a thing about the chamber 15 whose full capacity is about 6l. It is recognized that you may change with the sizes and the classes of chamber for which a flow value is used in other examples.

[0148] In each example, in the chamber 15 maintained by the low pressure, rapid removal of fluorine chemical species arises and a bad washing result is brought from about 1 torr – 2torr. By the pressure higher than about 1 torr – 2torr, recombination may be caused for the damage over causing overheating in an impact loss list, and the applicator tubing 292. A chamber 15 must be maintained on the pressure level on which fluorine chemical species are not removed quickly, and recombination does not happen, and the applicator tubing 292 does not break. In a certain example, when microwave power is impressed, a chamber pressure is restricted by the physical magnitude and the ingredient of the applicator tubing 292. In each example, when microwave power is impressed, the pressure of the applicator tubing 292 can be about 3 times the optimal chamber pressure. When used by the rate of flow from which different applicator tubing

differs, the optimal chamber pressure is changed. When the applicator tubing 292 is used without adding microwave, it stands to reason that any pressures are used.

[0149] Since the plasma is generated by the upstream of a wafer, only the reactant fluorine radical in the plasma can reach a wafer, and washes a native oxide from a wafer. As mentioned above, as for a washing step, about a typical native oxide with a thickness of about 90Å, it is desirable to be carried out for [about 5 seconds -] 10 seconds. The above-mentioned washing step is about 2 micrometers. Native oxide is etched the rate for /. It stands to reason that the total time of a washing step is influenced by the thickness of each oxide washed from a wafer. In the remote microwave plasma system 55 of this invention, native oxide or other oxide is etched and the plasma damage over a wafer is avoided.

[0150] Other conditions are used although the above-mentioned wafer washing process conditions are the examples of this example. The above-mentioned explanation only suited 200mm wafer as an example like explanation of the following various deposition. It sets to the Giga Fill(trademark) Centura system marketed from Applied Materials, and is NF3. It has stated. however, NF3 N2 and NF3 An argon and NF3 O2, dilution F2, CF4, C two F6, C three F8, SF6, or Cl2 etc. — other fluorine content or chlorine content gas is used similarly.

[0151] C. According to the approach of concrete silicate glass deposition this invention, the dielectric layer used as a source of a dopant, a PMD layer, an IMD layer, an oxide packed bed, a capping layer, or other layers are formed using either of several sorts of different processes. The process recipe of the BSG film, the PSG film, the BPSG film, and the USG film is shown as an example of the dope used for this invention, and a non-doping dielectric layer. A gate valve 280 is closed by the following deposition of various dielectric films (unless the remote plasma system 55 of other examples is used for deposition). A concrete process is the single-wafer-processing wafer SACVD system which was performed by CVD system 10 and sealed in the suitable example.

[0152] CVD system 10 is used with the additional source of input gas supply again, and/or it deposits similarly BPSG, arsenic dope silicate glass (AsSG), or other dielectric layers and they differ. It stands to reason that this contractor understands being used since other process recipe and other systems of reaction like the plasma enhancement CVD (PECVD) deposit a dielectric film. As an example of the source of boron, TEB, trimethyl borate (TMB), diboron hexahydride (B-2 H6), and other analogue are mentioned. As an example of the source of Lynn, they are phosphoric-acid triethyl (TEPO), phosphorous acid triethyl (TEPi), trimethyl phosphate (TMOP), and phosphorous acid TORIMECHIRU (TMPI). And other analogue is mentioned. An arsenic dope oxide or silicic-acid arsenic glass (AsSG) is also deposited using the arsenic compound diluted with the argon other than BSG or the PSG film as the source of a liquid or an example with an arsenic compound. As an example of the source of silicon, a silane (SiH4), TEOS, or the source of similar silicon is mentioned, and O2, O3, microwave product atom oxygen (O), etc. are mentioned as oxygen. By the following explanation, the rate of flow of the source of a liquid is a part for milligram/. (mgm) It is shown and a gas flow rate is shown by part (sccm) for standard cubic-centimeter/. By the explanation, the source of a liquid is the liquid rate of flow by being evaporated using a precision liquid impregnation system and doubling the liquid rate of flow abbreviation 1.923. Since mgm is changed by gas flow rate sccm, fluidity is computed. A desirable stable dope dielectric film is TEOS/O3 in a SACVD process. It is formed using chemistry and a part for super-***** doped by the homogeneity which does not have damage in a certain example is formed. TEOS/O3 according [on other examples and / the dope dielectric film of low moisture content] to a SACVD process It is formed using chemistry and the low and small flattening insulating layer of fluorine incorporation of metal mixing with little shrinkage with high philharmonic an aspect ratio gap is obtained.

[0153] 1. concrete BSG ***** — the BSG film deposition described below can only form as an example the BSG film useful as a dope dielectric layer used as a source of dopant diffusion. Naturally recipes may differ based on each use of a BSG layer, and desired quality. The PSG layer formed as a dope dielectric layer used as a source of dopant diffusion is transposed to the gas which has a source of a dopant used, using the following recipe, and is formed similarly.

[0154] the concrete BSG bulk film — a wafer and a heater 25 — the temperature of about 200 degrees C — 650 degrees C — preferably, it heats at about 500 degrees C most preferably, and deposits the temperature of about 400 degrees C — 650 degrees C, and by maintaining this temperature requirement throughout deposition. With the closed gate valve 280, a chamber 15 is maintained by the pressure of the range of about 10 torr(s) — 760torr. A pressure is maintained within the limits of about 400 torr(s) —

600torr, and is most preferably maintained by about 600 torr(s). As for a heater 25, it is desirable for it to be arranged from the gas distribution plate 20 at about 3mm - 8mm (about 150 to 300 mil), and to be arranged from a plate 20 at about 6mm (about 250 mil).

[0155] It is O₃ as TEOS and a source of gas of oxygen as TEB and a source of silicon as a source of boron. The included process gas is generated. After TEB and the source of TEOS which are a liquid are evaporated, they are mixed with inactive carrier gas like helium. The control of the capacity of the reaction component liquid which each was evaporated by the liquid impregnation system in the gas mixture system 93, and was introduced by it of a liquid is large. the rate of flow of TEB -- desired dopant concentration -- being based -- about 50 to 550 mgm -- it is -- the TEOS rate of flow -- about 300 mgm - 1000 mgm -- it is about 500 mgm preferably. Next, TEOS and TEB gas which were evaporated are mixed with the rate of 3000sccm - 6000sccm, and the gaseous helium carrier which is flowing at the rate of about 4000 sccm(s) preferably. O₃ Formal oxygen is introduced by the rate of flow of about 3000 sccm(s) - 6000sccm, and is preferably introduced by the rate of flow of about 5000 sccm(s). Ozone mixture contains about 5 percentage-by-weight (wt %) - 16wt% oxygen. It is introduced from the distribution plate 20 to a chamber 15, reactant gas is supplied to a substrate front face, a heat induction chemical reaction occurs, and a gas mixture object generates the desired film.

[0156] The above-mentioned conditions can obtain the BSG film deposited the rate for part [for 500A/-], and 1000A/. By controlling assembly time, thickness is formed in about 10 seconds - 60 seconds on about 50A - 500A and the desirable process conditions above-mentioned [about 100A - 300A BSG]. Therefore, the thickness of the deposited BSG film is controlled easily. The range of wt% of the boron of the obtained BSG film range is about 2 wt(s)% - 8wt%, and it is about 6 wt(s)% preferably.

[0157] 2. concrete PSG ***** -- the following PSG film deposition recipe can only form the PSG film useful as a PMD layer as an example. Naturally recipes may differ based on each use of a PSG layer, and desired quality. Other dope dielectric layers are used for ** of the PSG film etc. as a PMD layer by transposing to the source gas of a use dopant, using the following recipe and the same recipe.

[0158] the concrete PSG bulk film -- a wafer and a heater 25 -- the temperature of about 200 degrees C - 650 degrees C -- preferably, it heats at about 500 degrees C most preferably, and deposits the temperature of about 400 degrees C - 650 degrees C, and by maintaining this temperature requirement throughout deposition. With the closed gate valve 280, a chamber 15 is maintained by the pressure of the range of about 10 torr(s) - 760torr. A pressure is maintained within the limits of about 400 torr(s) - 600torr, and is most preferably maintained by about 450 torr(s). As for a heater 25, it is desirable for it to be arranged from the gas distribution plate 20 at about 3mm - 8mm (about 150 to 300 mil), and to be arranged from a plate 20 at about 6mm (about 250 mil).

[0159] It is O₃ as TEOS and a source of gas of oxygen as TEPO and a source of silicon as a source of Lynn. The included process gas is generated. After TEB and the source of TEOS which are a liquid are evaporated by the liquid impregnation system, they are mixed with inactive carrier gas like helium. the rate of flow of TEPO -- desired dopant concentration -- being based -- about ten to 100 mgm -- it is -- the TEOS rate of flow -- about 500 mgm - 1500 mgm -- it is about 1000 mgm preferably. Next, TEOS and TEB gas which were evaporated are mixed with the rate of 2000sccm - 6000sccm, and the gaseous helium carrier which is flowing at the rate of about 4000 sccm(s) preferably. O₃ Formal oxygen (it has about five to 16 wt% oxygen) is introduced by the rate of flow of about 2500 sccm(s) - 6000sccm, and is preferably introduced by the rate of flow of about 4000 sccm(s). It is introduced from the gas distribution plate 20 to a chamber 15, reactant gas is supplied to a substrate front face, a heat induction chemical reaction occurs, and a gas mixture object generates the desired film.

[0160] The PSG film deposited the rate for about 1780A/according to the above-mentioned conditions is obtained. By controlling assembly time, the range of wt% of Lynn in the obtained PSG film is about 2 wt(s)% - 8wt%, and it is about 4 wt(s)% preferably.

[0161] 3. concrete BPSG ***** -- the BPSG film deposition described below can only form the BPSG film useful as a PMD layer as an example. Naturally recipes may differ based on each use of a BPSG layer, and desired quality.

[0162] the concrete BPSG bulk film -- a wafer and a heater 25 -- the temperature of about 100 degrees C - 800 degrees C -- preferably, it heats at about 480 degrees C most preferably, and deposits the temperature of about 400 degrees C - 650 degrees C, and by maintaining this temperature requirement throughout deposition. With the closed gate valve 280, a chamber 15 is maintained by the pressure of the

range of about 10 torr(s) – 760torr. A pressure is maintained within the limits of about 150 torr(s) – 600torr, and is most preferably maintained by about 200 torr(s). As for a heater 25, it is desirable for it to be arranged from the gas distribution plate 20 at about 3mm – 10mm (about 150 to 400 mil), and to be arranged from a plate 20 at about 8mm (about 300 mil).

[0163] It is O₃ as TEOS and a source of gas of oxygen as TEPO and a source of silicon as TEB and a source of Lynn as a source of boron. The included process gas is generated. After TEB, TEPO, and the source of TEOS which are a liquid are evaporated by the liquid impregnation system, they are mixed with inactive carrier gas like helium. It stands to reason that it is recognized that other sources of supply of boron, Lynn, silicon, and oxygen are used. As for the rate of flow of TEB, it is desirable that they are about 150 mgm – 200 mgm. the rate of flow of TEPO -- desired dopant concentration -- being based -- about ten to 100 mgm -- it is about 24 mgm preferably and the TEOS rates of flow are about 300 mgm – 700 mgm. Next, TEO, TEB, and TEOS gas which were evaporated are mixed with the rate of 2000sccm – 8000sccm, and the gaseous helium carrier which is flowing at the rate of about 6000 sccm(s) preferably. O₃ Formal oxygen is introduced by the rate of flow of about 2000 sccm(s) – 5000sccm, and is preferably introduced by the rate of flow of about 4000 sccm(s). Ozone mixture contains about 5 percentage-by-weight (wt %) – 16wt% oxygen. It is introduced from the distribution plate 20 to a chamber 15, reactant gas is supplied to a substrate front face, a heat induction chemical reaction occurs, and a gas mixture object generates the desired film.

[0164] According to the above-mentioned conditions, the BPSG film deposited the rate for part [for 3500A/-] and 5500A/is obtained. By controlling assembly time, the thickness of the deposited BPSG film is controlled easily. The concentration level of the boron of the obtained BPSG film range is 2wt(s)% – 6wt%, and the concentration level of Lynn is 2wt(s)% – 9wt%.

[0165] The parameter in Above BSG and PSG, a BPSG process, and the following USG process should not be regarded as what restricts a claim. For example, this invention is applicable to the oxidation silicone film doped by other dopants like an arsenic. As other examples, although the above-mentioned flow value is applied to the chamber prepared for 200mm wafer, it may change with the classes or sizes of a use chamber. This contractor can also use other chemistry, chamber parameter, and conditions of manufacturing the same film.

[0166] It is thought that film stability can be the factor of the availability of the dopant atom in the dope dielectric film diffused to a semiconductor material. Several sorts of methods of improving the capacity which improves film stability and controls the dopant diffusion to a semiconductor material from a dope dielectric film were investigated. The indicated all directions method is performed about a dope dielectric layer, after a layer deposits using a recipe like one sort of the above-mentioned concrete deposition recipe. Furthermore, although the following approach is related with processing of BSG (or PSG), the approach is applicable also like a dope oxidation silicone film.

[0167] 4. the operative condition of a concrete USG film deposition a. oxide packing material or insulating-layer this invention -- if it depends like -- a non-doping silicate glass (USG) layer -- for example, in order to use it as an oxide packing material filled up with the shallow trench used for shallow trench separation, deposit with CVD system 10. It stands to reason that the KSG film is used as an IMD layer, an insulating layer, or other layers. The concrete USG recipe described below gives the uniform film with a very high and consistency which can remain annealing of temperature higher than 800 degrees C by the minimum contraction. The USG film which is excellent in the gap philharmonic engine performance of the step coverage of a high aspect ratio can make several times of etching processes perform with a very uniform etch rate, without opening the void of USG. The USG film can make chemical machinery-polishing (CMP) flattening perform again, without opening a void or a wrinkling in USG.

[0168] a wafer and a heater 25 -- the temperature of about 200 degrees C – 650 degrees C -- it is preferably heated by the temperature of about 550 degrees C – 650 degrees C, and is maintained throughout deposition of this temperature requirement. A heater 25 is arranged from the gas distribution plate 20 at about 6mm – 10mm (about 250 to 400 mil), and its about 9mm (about 350 mil) is desirable. the closed gate valve 280 -- the pressure of a chamber 15 -- about 10torr(s)- it is preferably maintained on the level of about 600 torr(s) 760 torr.

[0169] Process gas including oxygen and the source of silicon is introduced to a deposition chamber. a suitable example -- setting -- the source of silicon -- TEOS -- it is -- the source of oxygen -- O₃ it is -- although -- it is recognized by this contractor that the silicon source of supply and O₂, H₂ O, N₂ O, the

microwave product atom oxygen, and the similar source of supply of an addition like SiH_4 , TMCT, or a similar source of supply are also used. When TEOS is used as a source of silicon, it is helium or N_2 . Carrier gas [like] is used. O_3 to TEOS Although the range of a ratio is about two to 17:1, it is about 2-6:1 preferably.

[0170] The optimal full flow of a gas reaction component differs according to the form of a deposition chamber, and a design. It can be made to change in order that a gas flow may also control the rate of sedimentation. Typically, as for TEOS, it is desirable for it to be introduced by the rate of flow of about 500 mgm - 2500 mgm, and to be introduced by the rate of flow of about 2000 mgm. O_3 (about 5 wt(s)% - 16wt% oxygen) -- about 2000sccm(s)- it is preferably introduced by the rate of flow of about 5000 sccm(s) 10000 sccm. helium or nitrogen -- the rate of flow of 2000sccm - 10000sccm -- it is preferably introduced by the rate of flow of about 7000 sccm(s). usually, the full flow of the gas to the deposition chamber of gas -- about 5000sccm(s)- it changes by about 15000 sccm(s) preferably 20000 sccm. The above rate of sedimentation is obtained by about 1450A/under the above-mentioned condition. The above-mentioned flow value is a thing for 200mm wafer chamber, and changes with the size of a use chamber, and sizes of a wafer.

[0171] b. According to other examples of capping layer this invention, a deposition BSG (or PSG) layer is capped in another thin USG layer. A USG capping layer is the stable film which cannot absorb moisture easily. Therefore, a USG capping layer prepares the non-dense water surface on the BSG (or PSG) layer prevented from the moisture in a perimeter being absorbed to the BSG (or PSG) film. Furthermore, a USG capping layer is the film with a high consistency relatively, and bars generating of boron (or Lynn). Having, a USG capping layer makes control of many dopant atom diffusion easier than that in a downward dope dielectric layer to a semiconductor material. If it does not have a USG capping layer, a dopant atom has some which can separate from a semiconductor material during consecutive annealing or rapid heat treatment, and can be diffused upward. Therefore, use of a capping layer contributes to diffusion and control of the depth of junction. Although a USG layer is deposited in a processing chamber different from a BSG (or PSG) layer, it is desirable to be carried out as a spot process in the chamber 15 which deposition of a BSG (or PSG) layer produces. It stands to reason that many processes which form a capping layer are possible.

[0172] The following process which forms a USG layer is with an example, and is described. A non-doping silicate glass layer is used as an insulating dielectric layer, without using the dope dielectric layer which it is not only used as a capping layer as follows, but is downward.

[0173] About 200 degrees C - 600 degrees C, preferably, a wafer and a heater 25 are heated to the temperature of the range of about 500 degrees C, and are maintained throughout deposition of this temperature requirement. A heater 25 is arranged from the gas distribution plate 20 at about 6mm - 9mm (about 250 to 350 mil), and its about 8mm (about 300 mil) is desirable. the closed gate valve 280 -- the pressure of a chamber 15 -- about 50 torr(s) - 760torr -- desirable -- about 200torr(s)- it is most preferably maintained on the level of about 400 torr(s) 600 torr.

[0174] Process gas including oxygen and the source of silicon is introduced to a deposition chamber. a suitable example -- setting -- the source of silicon -- TEOS -- it is -- the source of oxygen -- O_3 it is -- although -- it is recognized by this contractor that SiH_4 , the silicon source of supply of an addition like a silane and O_2 , H_2O , N_2O , a similar source of supply, and other sources of oxygen like the mixture are used. When TEOS is used as a source of silicon, helium or carrier gas like nitrogen is used. O_3 to TEOS Although the range of a ratio is about two to 17:1, it is about 2-6:1 preferably.

[0175] The optimal full flow of a gas reaction component differs according to the form of a deposition chamber, and a design. It can be made to change in order that a gas flow may also control the rate of sedimentation. Typically, as for TEOS, it is desirable for it to be introduced by the rate of flow of about 500 mgm - 2500 mgm, and to be introduced by the rate of flow of about 1000 mgm - 1250 mgm. O_3 (about 5 wt (s)% - 16wt% oxygen) -- about 2000sccm(s)- it is preferably introduced by the rate of flow of about 7000 sccm(s) 10000 sccm. helium or nitrogen -- the rate of flow of 2000sccm - 6000sccm -- it is preferably introduced by the rate of flow of about 4000 sccm(s). usually, the full flow of the gas to the deposition chamber of gas -- about 5000sccm(s)- it changes by about 15000 sccm(s) preferably 20000 sccm. About 500A a part for /-, and 1500A the rate of sedimentation for /are obtained under the above-mentioned condition. The above-mentioned flow value is a thing for 200mm wafer chamber, and changes with the size of a use chamber, and sizes of a wafer.

[0176] The following process which forms a USG capping layer is described as an example. About 50A – 500A of USG cap layers of suitable covering is about 100A – 300A preferably. However, this contractor understands that the capping layer of the thickness which changes with each covering and sizes of a device form is used. Although it is not indispensable depending on covering and gap size for which the deposition film is used, it is desirable that a capping layer and a dope dielectric layer are relatively thin. About a thin layer, assembly time and etching time decrease compared with a thick layer. A USG capping layer is deposited and the both sides of a USG layer and a dope dielectric layer are etched. It is also recognized that a different capping layer like the stable oxide film with which others were similar is used for capping a dope dielectric layer. Furthermore, a USG cap layer is formed on the dope dielectric film deposited by APCVD, PECVD, or LPCVD instead of SACVD. As mentioned above, use of the chamber 15 which performs a multistage process on that spot is the most desirable, and use of the multi chamber by which a vacuum is not destroyed during migration of the substrate between the chambers of the versatility in a multi chamber system is desirable.

[0177] According to other examples of this invention, the spot USG or a similar cap layer is formed on a dope dielectric film by stopping the source of boron, or the source of Lynn just before completion of deposition of a dope layer. In this example, a dope dielectric layer like BSG (or PSG) is formed as mentioned above first. Next, the flow to the chamber 15 of the source of a dopant is stopped, and thermal reaction continues for [1 more second –] 30 seconds. Preferably, thermal reaction continues for about 3 second – 10 seconds. In this example, since it is stopped by closing the bulb of the supply line of a source of supply by the source of a dopant, thermal reaction is maintained without a dopant for at least 5 seconds.

[0178] Stopping the source of dopant gas is having to adjust the time amount concerning gas progressing to the gas mixture system 93 through the face plate of a plate 20 next from the point of a bulb naturally. By most CVD machines, since several seconds are required for gas to flow from an impregnation bulb to a deposition chamber, it has preceded permitting the delay enough and must be closed down. Therefore, when TEB is a source of boron, if the bulb of a TEB supply line is closed several seconds before [of the completion of deposition] a BSG layer, the thin USG cap which prevents the above-mentioned water absorption and generating of a gas drainage phenomenon will be obtained.

[0179] Spot deposition of the USG cap formed in the dope dielectric layer brings about the immunity to an improvement of stability and water absorption, and contributes to the control by which the diffusion which forms a super-** dope field was improved.

[0180] In order use of a USG capping layer is instead alike, or to decrease the water absorption of a dope dielectric layer and to improve stability in addition, the plasma treatment of a dope dielectric layer is used. In the example equipped with RF plasma system, plasma eburnation processing in which the plasma damage over a device is not intentionally related is used. In a certain example, deposition at temperature higher than about 500 degrees C is sufficient temperature to obtain a dielectric film with a high consistency. An improvement of the stability of a plasma treatment dope dielectric layer contributes to control amelioration of the diffusion which forms a super-** dope field. A chamber 15 is maintained by about 1 torr – 5torr during plasma eburnation processing. A gate valve 280 is closed and the plasma generated using reactant gas like nitrogen (N₂), ammonia (NH₃), or an argon is introduced into a chamber 15. the plasma treatment used — only — as an example — N₂ Reactant gas [like] is introduced into the gas mixture system 93 at the rate of about 1000 sccm(s) mixed with helium by 1000sccm(s). About RF plasma system, it is about 350MHz. (MHz) It is made to operate with the power level of about 450W of RF frequency, and the plasma is made to generate in a chamber 15. It may work so that a protective coat may be put on the front face of a dope dielectric layer, and the nitridation of the plasma may be carried out on the front face. Therefore, plasma treatment carries out eburnation of the dope dielectric film. Many dopants can be used for forming a part for super-***** from that in the eburnation dope dielectric film which has resistance in water absorption.

[0181] D. Spot deposition and/or heating process CVD system 10 for reflow have the thermophylic ability which makes possible the spot heating step of a deposition process and coincidence about the wafer with the spot heating step after a deposition process, or one-step deposition / reflow process same about the same wafer of two-step deposition / reflow process. In order to use it as a PMD layer formed on the high aspect ratio transistor or the separation trench, flattening is required for un-doping like PSG, or a dope dielectric film mostly, and it is important for forming an integrated-circuit device. Flattening of a dope

dielectric layer is performed by carrying out a reflow of the layer at an elevated temperature. Performing a reflow contributes to improving the uniformity of a gap of the description of a high aspect ratio of the deposition film, especially a wafer. It stands to reason that other purposes and the heating step of covering are also performed with CVD system 10. Although the following heating procedure is only utility as a concrete heating step used for a reflow, the dopant drive-in in covering or other heating steps of other purposes are performed.

[0182] Each example describes two-step deposition / reflow process below. The chamber 15 by which the gate valve 280 was closed is maintained by the pressure of about 200 torr(s) – 760torr. About 500 degrees C – 800 degrees C of wafers and heaters 25 with a processing location of about 8mm – 9mm (about 330 mil – 350mil) are preferably heated by about 550 degrees C – 650 degrees C within a chamber 15 from the gas distribution plate 20 for deposition processing about 5mm – 10mm (about 200 to 400 mil). If a reactant gas flow is stopped, in order that a wafer may carry out a reflow of the dielectric layer according to each example — a wafer — about 750 degrees C – 950 degrees C — desirable — about 750 degrees C – 850 degrees C — about 5 minute – it is heated preferably for about 15 minute – 20 minutes for 30 minutes. Reflow temperature is the same as the deposition temperature of a two-step process, or can be made higher than it. Furthermore, about multistage deposition / reflow process, before inclining to reflow temperature, it inclines toward an intermediate temperature (or intermediate-temperature group) from deposition temperature. Naturally the time amount and temperature of a heating step may change with each layers of each which is performed covered and formed.

[0183] The one-step deposition / reflow process by each examples of other are described. The chamber 15 by which the gate valve 280 was closed is maintained by the pressure of about 200 torr(s) – 760torr. About 750 degrees C – 950 degrees C of wafers and heaters 25 with a processing location of about 8mm – 9mm (about 330 mil – 350mil) are preferably heated by the sufficiently high temperature of about 750 degrees C – 850 degrees C from the distribution plate 20 within the chamber 15 which deposition and reflow simultaneous processing produce about 5mm – 10mm (about 200 to 400 mil). Naturally the time amount and temperature of deposition / reflow step may change with each layers performed.

[0184] As mentioned above, if a wafer is maintained in the same chamber 15 of a spot multi-process, exposure of the wafer to the environment where moisture is absorbed, and contamination by the impurity will be prevented. Furthermore, when the dielectric film was deposited at temperature higher than about 550 degrees C and it heats, the quality film with the high and consistency which does not form a void can be obtained. Deposition at the temperature of the deposition film also decreases shrinkage.

[0185] E. After a processing step like a concrete step or the multistage processing step of chamber washing / seasoning / gettering process above is performed to the wafer in a chamber 15, a wafer is moved from the chamber 15 of the process step of the consecutiveness needed. When a vacuum lock door is the closed sealing chamber 15 which does not have a wafer on a heater 25, in order to remove the oxide which is not desired from the part of the chamber 15 including a chamber wall without backing of the part under a chamber 15, the bottom of a heater 25, and other chamber components, and/or the deposition process residue like a nitride, a chamber 15 can receive a chamber washing process. In order to make the reliable repeatability between wafers perform, chamber clarification removes the residue accumulated into the deposition process. The residue is washed from the plasma formed with the reactant clean gas of the remote microwave plasma system 55 from the chamber component by using a fluorine radical, for example. SiF₄ sent with a pump from a chamber 15 for high reactivity with F atom Residual silicon oxide is removed by generation of a gas product. The following chamber washing procedure is performed after processing of all wafers or all several wafers.

[0186] It sets in the suitable example of this invention, and is NF₃. It is used as a clean gas which generates a fluorine radical. This invention is NF₃. It is desirable to use the remote microwave plasma system 55 so that it may decompose and the flow of F atom to a chamber 15 may be produced. If fluorination study is used with the remote microwave plasma system 55 of this invention, it is advantageous that there is no generation of the physical sputtering effectiveness or charged species in the film which kinetic energy deposited small and succeeding compared with the spot plasma process. Furthermore, it is in agreement with the environmental problem required of decreasing a global warming operation, and is NF₃. Use does not generate a lasting perfluoro-carbon (PFC) product.

[0187] In order to make the best cleanliness efficiency perform, F flux and its washing homogeneity must be optimized. A certain NF₃ Generation of F atom beyond it with a microwave power setup of a threshold

is compensated with a gas flow by recombination. Drawing 42 is NF3 by each example of this invention which obtains the highest clarification rate, without having too much hardware cost. It is the graph which shows the relation between a flow and microwave saturation power. It is NF3 to which about 500 sccm(s) – 950sccm correspond according to [as shown in drawing 42] each example in microwave saturation power. It receives and is the range of about 1300W – 2100W. Microwave saturation power is [as opposed to / example / following / suitable / NF3 flow of about 950 sccm(s)] about 2100W. Clarification homogeneity is controlled by the chamber pressure and heater spacing, and both sides can adjust the mean free path of gas chemical species and a pump profile. Since the maximum pressures permitted according to the above-mentioned example of the applicator tubing 292 were about 2 torr(s) as stated above, spacing was set in order to optimize clarification homogeneity. Both a pressure and spacing are used for optimization of clarification homogeneity in other examples using the example from which the applicator tubing 292 differs. [0188] In a concrete chamber washing process, about 300 degrees C – 650 degrees C of chambers 15 are maintained by the temperature of the range of about 550 degrees C – 600 degrees C still more preferably throughout a washing procedure in a suitable example. A chamber 15 is most preferably maintained at the temperature as the temperature performed by the chamber 15 with the same concrete process. For example, within the chamber used since the PSG film was deposited at 600 degrees C as the above-mentioned example, a chamber clarification process is performed at 600 degrees C. Since the heater 25 at which the throttle valve was opened in and the gate valve 280 was shut is preferably arranged from the gas distribution plate 20 at 4mm (about 150 mil) about 3mm – 6mm (about 100 to 250 mil – 250mil), the gas distribution plate 20 is heated. Heating of the gas distribution plate 20 produces quick clarification. this heating step — about 3 second – it is preferably carried out for about 5 seconds for 10 seconds.

[0189] Next, before clarification is performed, a pressure and a clean gas flow are stabilized the optimal. Among a reserve clarification stabilization step, a chamber 15 must be maintained the optimal on the pressure level for which the inside of a clarification step is also used, and in that case, fluorine chemical species are not removed quickly and do not produce recombination, either. a reserve clarification stabilization step — a chamber 15 — about 1torr– 2 torr, it became the pressure of about 1.5 torr(s) preferably, and the gate valve 280 is opened wide. In the chamber 15 maintained by the pressure lower than about 1 torr – 2torr, removal of rapid fluorine chemical species arises and a chamber washing result worsens. In a chamber pressure higher than about 1 torr – 2torr, recombination may happen to a corrosion loss list for overheating to the applicator tubing 292, and damage. A heater 25 is preferably moved from the gas distribution plate 20 to the distance of about 15mm (about 600 mil) about 11mm – 18mm (about 450 mil – 700mil). A clean gas and NF3 It is preferably introduced at the rate of about 950 sccm(s) about 600 to 1100 sccm to the applicator tubing 292. before, as for this reserve clarification stabilization step, microwave power is impressed into a chamber clarification step — about 2 second – it continues for about 3 seconds preferably for 6 seconds.

[0190] a chamber clarification step — setting — the reserve clarification stabilization conditions in a chamber 15 — the pressure of the range of about 1 torr – 2torr — it is preferably maintained by about 2 torr(s). When a washing procedure is performed, the microwave power which is about 500W – 2500W is impressed to the applicator tubing 292. Preferably, a magnetron 711 produces about 2.54 GHz microwave, and is operated in about 2100W CW mode to the desirable clean gas flow of about 950 sccm(s). Microwave is spread [as mentioned above] through an aperture through a waveguide and an optimization system in the applicator tubing 292 from a magnetron 711. The UV lamp 731 lights the reactant gas of the applicator tubing 292, and forms the plasma, and ionization is maintained by the microwave energy which goes into the applicator tubing 292 by the aperture.

[0191] The fluorine radical from the plasma generated with the applicator tubing 292 with which microwave is impressed washes a front face for the oxidation residue which a chamber 15 is not flowed in and expected through the open gate valve 280 next among a chamber clarification step. Since the plasma is generated by the upstream of a chamber 15, only the reactant fluorine radical in the plasma can be reached and removed into the residue are recording part of a chamber 15. Therefore, the deposition process residue is washed, making direct plasma damage over a chamber 15 into the minimum about various parts of a chamber 15. chamber clarification — about 30 seconds – about 10 minutes — desirable — about 60 second – it continues for about 160 seconds most preferably for 200 seconds. Naturally chamber clarification time amount may change with the thickness and the classes of the oxidation residue in a chamber 15. As mentioned above, it is recognized that you may change with the dimensions and

ingredients of applicator tubing in the size and the class list of a chamber which are used in other examples. The above-mentioned clarification process decreases the residual sediment which is not expected the rear face behind both a blocker and a gas distribution plate.

[0192] As for a chamber 15, it is still more desirable after chamber clarification to be maintained at the above-mentioned temperature which described the above-mentioned deposition and a clarification process among a post-clarification step. A clean gas flow stops to the end of a chamber clarification step, and microwave power is not supplied to it any longer. A chamber 15 carries out pump removal of most F residual atoms. After this, among a clarification exhaust air step, a heater 25 is preferably moved from the gas distribution plate 20 to the location of about 51mm (about 2000 mil) about 38mm – 59mm (about 1500 mil – 2200mil), a throttle valve is opened wide, and a gate valve 280 is opened wide. an exhaust air step — about 5 second – for 20 seconds, it continues for about 10 seconds preferably, and is influenced by the amount of the clean gas reaction component exhausted from a chamber 15, and the residue. In order to help finding the stop time of after clarification exhaust air until all the deposition process residues are substantially removed from a chamber 15, a clarification terminal point detection system is also used.

[0193] After a fluorine system chamber washing procedure, when the following deposition process happens, adsorption of activity fluorine chemical species is shown in the front face of the chamber wall near the location in which a wafer is located. In the following deposition process, a fluorine interacts, or it is incorporated by the deposition film, and surface film susceptibility is caused. This film susceptibility appears as a coarse front face, poses a problem with the permissible dose demanded with a high integration device, and causes failure of a device. This invention offers the capacity which carries out the getter of the adsorption fluorine from the front face of a chamber wall by several sorts of following approaches.

[0194] After a post-clarification exhaust air step, since the F is recombined for all isolation F chemical species by silicon oxide (SiO_2) deposition to a chamber wall by the chemical reaction or prehension, seasoning is performed. Post-clarification exhaust air and a seasoning step are performed in order to decrease the both sides of F content in formation of a particle, and the consecutive deposition film.

[0195] There are other stabilization steps which a chamber pressure and a gas flow are stabilized [steps] and make the location of a seasoning step move a heater 25 between a post-clarification exhaust air step and a seasoning step the optimal. a gate valve 280 is closed at this stabilization step — having — a chamber 15 — about 20torr(s)– it is preferably maintained by the pressure of 50torr(s) 70 torr. A heater 25 is preferably moved to the location of about 13mm (about 500 mil) from the gas distribution plate 20 about 8mm – 14mm (about 300 mil – 550mil). In each example, the seasoning step by which the current publication is carried out carries out seasoning of the chamber 15 with helium for consecutive silicon oxide deposition, using ozone and TEOS as carrier gas. It stands to reason that other gas is used for seasoning and a pre seasoning stabilization step according to the class of desired silicon oxide deposition. a pre seasoning stabilization step — about 200 mgm – 400 mgm — the liquid TEOS of the rate of flow of about 300 mgm evaporates preferably — having — about 4000sccm(s)– it is conveyed 8000 sccm with the helium carrier gas which is flowing to the chamber 15 at the rate of about 6000 sccm(s) preferably. A gas flow is introduced through the applicator tubing 292 to a chamber 15, without impressing the usual inlet port used for deposition, or microwave. this stabilization step — about 5 second – for 25 seconds, it continues for about 15 seconds preferably, and a seasoning step begins from installation of the source of oxygen which begins to deposit seasoning oxide on a chamber 15 after that. The rate of flow from which ozone is used for each use deposition process at a heat seasoning step (— a 550 above-mentioned degrees C experiment USG deposition process — about 5000 sccm(s) or a 600 above-mentioned degrees C experiment PSG deposition process — about 4000 sccm(s)) — about 10 second – for 20 seconds It is preferably introduced for about 15 seconds, and the thin layer of silicon oxide is deposited on the front face in a chamber 15 (for example, the oxygen of an experiment USG deposition process is about 12.5 wt (s)%, and the oxygen of an experiment PSG deposition process is about 8 wt(s)%). Among a seasoning step, in order to make fluctuation of an ozone flow and concentration into min, as for an ozone flow, it is optimal that it is in agreement with a deposition process. It can have and the seasoning chamber 15 can catch the fluorine atom which adsorbed on the front face of a chamber 15.

[0196] The last stabilization and an exhaust air step are performed after the above-mentioned heat seasoning step. The last step is performed at the above-mentioned deposition temperature the optimal. At the last stabilization step, it makes it possible to open a throttle valve wide periodically and to adjust a

chamber pressure to an atmospheric pressure, and a gate valve 280 is closed. A heater 25 moves from the gas distribution plate 20 to the location of about 25mm (about 999 mil) preferably about 20mm – 25mm (about 800 mil – 1000mil). A TEOS flow rate is stopped and helium and an ozone flow are still the same as a seasoning step. before, as for the last stabilization step, the last exhaust air step starts — about 5 second – it is preferably carried out for about 10 seconds for 20 seconds. At the last exhaust air step, a gate valve 280 is closed and does not move a heater 25. All gas flows are stopped and a throttle valve is opened wide. before, as for the last exhaust air step, other wafers of the following deposition process, a heating step, or a wafer washing step it is [wafers] a sake are introduced into a chamber 15 here — about 5 second – it continues for about 10 seconds preferably for 20 seconds. It is recognized that the last stabilization step and an exhaust air step are changed, and are used like the selected concrete seasoning step or another gettering step (the following example).

[0197] In the example replaced with the above-mentioned example, the above-mentioned reserve clarification stabilization step can include the inclination of the microwave power from low microwave power to the microwave power of the last clean operating level, and enables reserve clarification stabilization of a pressure and microwave process generation. In an alternative-like suitable example, the above-mentioned reserve clarification stabilization step is replaced with the next reserve clarification stabilization.

[0198] The step which inclines the microwave power which generates N₂ (or based on other inert gas and the clean gas used) plasma since coincidence stabilization of a pressure and microwave power is enabled is NF₃ by each example. A pressure impact profile low about the applicator tubing 292 is given in the case of plasma production. The microwave power level impressed to the magnetron 711 from the microwave power source 110 is adjusted under control of a processor 50. For example, microwave power inclines from the zero in a stabilization step to the level of 2100W at a clean step in about 300W (or 0 and the last clarification actuation power level) and a degree, and obtains the optimal stabilization step of ****. In detail, after a heating step and a heater 25 move to about 15mm (about 600 mil) from the gas distribution plate 20, and are N₂. About 100 to 400 sccm, it is preferably introduced into the applicator tubing 292 by the flow of about 300 sccm(s), the throttle valve has been opened, and a gate valve 280 is closed. After about 5 seconds, a throttle valve is closed, a gate valve 280 can be opened, and the following pressure during 5 seconds is stabilized until a chamber 15 is set to about 1.5 torr(s) in a clarification process pressure and each example. Next, the middle level of about 200W – 400W microwave power is impressed to the applicator tubing 292, and it is for [of a degree / N₂] 5 seconds. The plasma is generated. For [of a degree] 5 seconds, and NF₃ It is introduced into the applicator tubing 292 and microwave power level inclines to clarification level. detailed — NF₃ about 600sccm(s)– 1100 sccm, it is preferably introduced into the applicator tubing 292 at the rate of about 950 sccm(s), and microwave power level inclines to the last microwave power clarification operating level of about 2100W. Next, N₂ A flow is stopped and it is NF₃ about the plasma. It accepts, uses and generates and is NF₃. For [of stabilization of plasma production stabilization] about 5 seconds is made possible. Clarification advances as mentioned above from this point. It sets in the above-mentioned alternative-like example, and both a pressure and plasma production are NF₃. It stabilizes, before performing a washing step with the washing plasma. It can continue for 20 – 30 seconds preferably, and, as for this alternative-like reserve clarification pressure / plasma stabilization, total time and a part with the lamp rise of each power level appropriate from that time amount are distributed. Therefore, the pressure impact from one step of direct impression of high microwave power (for example, 0–2100W) will be made into the minimum about the applicator tubing 292, and the life of the applicator tubing 292 will be raised.

[0199] Although the above-mentioned example is a two-step power level lamp rise, other examples can be multistage lamp rises (from 0W – 300W to for example, 1200W – 2100W). Furthermore, a microwave power lamp rise step is performed between the above-mentioned clarification step and an after clarification exhaust air step by the case. Two steps or a multistage lamp rise is also possible in other examples. It stands to reason that an inclination is continuation, the step which a single string separated, or its combination. About the CVD system which has RF plasma system, a lamp rise and/or lamp down of RF power level are performed to a reserve clarification stabilization step, and according to other examples, spot plasma chamber clarification is used. Although specific time amount is described about each part of the above-mentioned stabilization, in other examples, the specific time amount may differ, and in order that it may double or the part of stabilization may shorten time amount, it is deleted.

[0200] It is TEOS and O₂ as a substitute of the above-mentioned heat chamber seasoning. Chamber seasoning to be used is used. Evaporation TEOS is introduced to a chamber 15 using the bypass path in a lid through an inlet port 43 and the gas mixture box 273. O₂ It is sent through the applicator tubing 292 for the radiation (for example, about 500W – 2100W, preferably 2100W) by the microwave from the magnetron 711 of the microwave plasma system 55. O₂ about 50sccm(s)– 200 sccm, it is preferably introduced by the rate of flow of about 100 sccm(s) to the applicator tubing 292, and a gate valve 280 is opened wide — having — a chamber 15 — about 1 torr – 2torr — desirable — the pressure of about 1.5 torr(s) — and about 300 degrees C – 650 degrees C are preferably maintained at the temperature of about 550 degrees C – 600 degrees C. Atomic oxygen can react with TEOS in a chamber 15, in order to obtain microwave enhancement chamber seasoning. Moreover, about the example which has RF plasma system which can do ** which acquires the spot plasma, Evaporation TEOS can be introduced in a chamber 15, RF plasma system can generate the plasma, and it and atomic oxygen can react to RF enhancement chamber seasoning.

[0201] as the substitute of everything but chamber seasoning which carries out gettering of the fluorine atom from a chamber front face — SiH₄ about 50sccm(s)– 200 sccm, it is preferably slushed into a chamber 15 at the rate of 100sccm(s), and a chamber 15 is purged. A silane can be slushed into a chamber 15 through the applicator tubing 292 with which the gate valve 280 was opened wide, without impressing or impressing microwave through other purge openings to the chamber 15 by which the gate valve 280 was closed through Rhine 85 from one to the chamber 15 of other sources of supply 90 (drawing 3) to the gas mixture system 93 by which the gate valve 280 was closed. A chamber 15 is preferably maintained at the temperature of about 550 degrees C – 600 degrees C during a silane purge procedure the pressure of about 1 torr by which the gate valve 280 was closed – 5torr, and 300 degrees C – 650 degrees C of abbreviation. If a chamber 15 is purged, F atom will be absorbed, and it is SiF₄. Generation of gas is brought about and it is sent by the exhaust air system with a chamber 15 or a pump. Next, the terminal point detection system stated to the detail above enables this system to determine the time of a chamber washing process being completed.

[0202] As a strange method of carrying out purging of seasoning or the chamber 15 by the silane as mentioned above, gettering is further attained by supplying active hydrogen to a chamber 15. hydrogen (for example, H₂ or other sources of hydrogen) — about 50sccm(s)– 200 sccm, it is preferably used as a "clean gas" source of supply by the rate of flow of about 100 sccm(s), and is sent to the applicator tubing 292 through a switching valve 105 through an inlet port 57 (drawing 3). Preferably, a magnetron 711 operates in CW mode with the power level of about 1000W, supplies about 500W – 2500W of microwave energies to the applicator tubing 292, and generates the plasma. Next, the active hydrogen from the plasma in the applicator tubing 292 flows into a conduit 47 through the path where it was backed in the enclosure assembly 200, in order to use it by the chamber 15. It stands to reason that hydrogen is introduced to a chamber 15, and RF energy is impressed in a chamber 15, and active hydrogen is supplied about the system containing RF plasma system. About 300 degrees C – 650 degrees C of chambers 15 are preferably maintained during a gettering procedure by the pressure and optimum of about 1 torr – 2torr by which the gate valve 280 was opened wide at the deposition temperature of about 550 degrees C – 600 degrees C. Active hydrogen reacts with an adsorption fluorine, generates a hydrogen fluoride (HF) gas, and is sent with a pump from a chamber 15. It is made to operate by the same principle as the above-mentioned terminal point system, and the terminal point detection system which detects change of the intensity of light for the absorbance by HF is also used.

[0203] The strange method of use of seasoning, purging by the silane of a chamber 15, or active hydrogen supplies ammonia to a chamber 15. ammonia (NH₃) — about 50sccm(s)– 200 sccm, it is preferably used as a "clean gas" source of supply of a gas panel 80 by the rate of flow of about 100 sccm(s), and is sent to the applicator tubing 292 through a switching valve 105 through an inlet port 57 (drawing 3). Preferably, a magnetron 711 operates in CW mode with the power level of about 1000W, supplies about 500W – 2500W of microwave energies to the applicator tubing 292, and generates the plasma. Next, the ammonia from the plasma in the applicator tubing 292 flows into a conduit 47 through the path where it was backed in the enclosure assembly 200, in order to use it by the chamber 15. About 300 degrees C – 650 degrees C of chambers 15 are preferably maintained during a gettering procedure by the pressure and optimum of about 1 torr – 2torr by which the gate valve 280 was opened wide at the deposition temperature of about 550 degrees C – 600 degrees C. Ammonia reacts with an adsorption fluorine, generates an ammonium fluoride

compound, and is sent with a pump from a chamber 15. It stands to reason that ammonia is introduced to a chamber 15, and RF energy is impressed to a chamber 15, and an ammonium fluoride compound and HF are generated about the system containing RF plasma system. It is made to operate by the same principle as the above-mentioned terminal point system, and the terminal point detection system which detects change of the intensity of light for the absorbance by ammonium fluoride and HF is also used.

[0204] Other conditions are used although the above-mentioned washing plasma conditions are the examples of this embodiment. Like the following various deposition, the above-mentioned explanation suits 200mm wafer, and is 6l. of whole quantity. It is only NF3 as an example at the Giga Fill(trademark) Centura chamber marketed from Applied Materials. It has stated, however, NF3 An argon and NF3 N2 and NF3 O2 and NF3 The atomic oxygen and dilution F2 which were generated by the microwave plasma system 55, CF4, C three F8, SF6, C two F6, and Cl2 etc. — other fluorine content or chlorine content gas is used similarly. Other gas is used for a gettering procedure besides the above-mentioned thing. Moreover, a pre seasoning stabilization step is changed according to each class of seasoning / gettering process chosen from the various strange methods of the above-mentioned heat seasoning. Although it is said that the above-mentioned explanation of washing, gettering, and seasoning takes place at suitable temperature (for example, about 550 degrees C – 600 degrees C), it is taken notice of that a chamber 15 is most preferably maintained at the same temperature to which each process is carried out within the chamber 15. It stands to reason that different temperature in other embodiments is used. Furthermore, a certain embodiment can double or delete a part with the above-mentioned washing, gettering, and seasoning.

[0205] In order to show actuation of equipment and an approach according to the example of an III. test result and measurement A. super-** doped junction partial this invention, the sheet resistivity for super-***** formed using the BSG film which has the BSG film and USG capping layer which were manufactured without having a USG capping layer as an example, and the depth of junction were measured. The BSG film without a cap was about 150A thickness, and the BSG film with a cap was about 150A thickness which has an about 200A USG cap. The both sides of the BSG film with a cap which reaches and does not have a cap accumulated on the N type silicon wafer of low resistivity. The sheet resistivity for super-***** formed using the BSG film without a cap which reaches and has a cap, and the depth of junction were measured. About the film deposited within the chamber 15 of CVD system 10 explained in full detail in the top, a gate valve 280 is closed among the film deposition step of each example. The actual process conditions used for an experiment are as follows. In detail, the BSG film was deposited by the temperature of about 500 degrees C, and the pressure of about 600 torr(s). Spacing between SASUSEPUTA and a manifold was about 8mm (about 300 mil). Introducing that the gas flow under experiment introduces TEB at the rate of about 200 mgm to a chamber, introducing TEOS at the rate of about 500 mgm, introducing oxygen (O3) at the rate of about 5000 sccm(s), and helium carrier gas at the rate of about 8000 sccm(s) is included.

[0206] According to the above-mentioned conditions, the BSG film deposited the rate for 700A/was obtained. The deposition BSG film had the thickness of about 150A to the process time amount for about 15 seconds.

[0207] In the experiment using a USG cap, immediately after the BSG bulk layer deposited, the USG capping layer was formed in the spot process. The chamber which is the sealing system which makes the minimum the moisture which can be used in order to react with the BSG film before deposition of the USG capping film is used for a suitable example. SASUSEPUTA was heated to the temperature of about 500 degrees C, maintained the chamber by the pressure of about 600 torr(s), and has arranged SASUSEPUTA from the gas distribution manifold to about 8mm (about 300 mil). 500sccm(s) and 5000sccm(s) were respectively introduced for TEOS, ozone, and helium to the deposition chamber by the rate of flow of about 500 mgm. According to the above-mentioned conditions, the USG film deposited the rate for about 700A/was obtained. The USG film had the thickness of about 200A to the process time amount for about 15 seconds.

[0208] Diffusion of the dopant from the BSG film without a cap which reaches and has a cap is attained by heating the film using annealing or rapid heat treatment. For example, as for rapid heat treatment for [in a nitrogen (N2) perimeter] 60 seconds, the depth of about 500A – 1000A junction is obtained with temperature, time amount, and dopant concentration.

[0209] The parameter used for the experiment using the BSG film should not be limited to the claim indicated by this specification. This contractor can use the conditions which generate the BSG film or

other film, such as other chemical agents, a chamber parameter, a dopant and PSG, and AsSG.

[0210] An experiment is conducted using the BSG film without the cap of the about 200A thickness which has boron about 6 wt(s)%. From the experiment, the capacity which forms a part for super-*****, using the BSG film as a source of a dopant of a consecutive diffusion step is shown.

[0211] In the boron concentration exceeding 6wt(s)% boron, the BSG film without the cap deposited at the temperature of less than about 500 degrees C was unstable, and tended to crystallize in several hours. As mentioned above, crystallization decreases the amount of the boron atom which can be used for the diffusion to a silicon substrate. If BSG is made to deposit at temperature higher than about 550 degrees C, it will be thought that the stable BSG film without the cap which has the boron concentration exceeding 6wt(s)% arises. About covering for which boron concentration higher than 6wt(s)% boron is needed, the BSG film is appropriately capped by the USG film which prevents crystallization. By preventing gas drainage, a USG cap gives the capacity which controls penetration of diffusion of the dopant atom to a silicon substrate. Therefore, since a USG cap is prevented from a boron atom being lost, it is applicable to the diffusion easily advanced to a silicon substrate.

[0212] In order to prove the advantage which uses a capping layer on a dope dielectric layer about a certain covering, 150A and boron experimented [the thickness which the about 200A USG cap deposited on the BSG film] using the 6.131wt(s)% BSG film. The capacity which forms a part for super-***** from the experiment using the BSG film which has a cap as a source of a dopant of a consecutive diffusion step is also shown. The sheet resistivity for super-***** formed using the BSG film without a cap which reaches and has a cap, and the depth of junction were measured. The experiment shows that the capacity which controls a part for the sheet resistivity for super-***** formed by the BSG film which has a BSG film independent or a USG cap when rapid heat treatment for 1 minute is presented with the BSG film at about 1050 degrees C, and a joint arises.

[0213] Drawing 43 - drawing 45 are graphs which show the information about the effect of the USG cap about the depth of junction of a diffusion field, and the homogeneity of a dopant. Measurement of drawing 43 and drawing 45 was given to this contractor using the solid-state measuring device of the spreading resistance profile which is common knowledge. Carrier concentration is shown as a function of the depth. "p" shows the measurement concentration of the boron in the depth measured from the silicon substrate surface, and "N" shows the measurement concentration of the N type silicon substrate in the depth measured from the silicon substrate surface. The depth of junction is defined as a location where dopant concentration is equal to substrate concentration. In this experiment, the substrate concentration of a use silicon substrate was abbreviation 1.6×10^{14} carrier / cm^3 . the four-point probe (4pp) whose sheet resistivity of the diffusion field shown in drawing 43 and 22C is common knowledge at this contractor — it measured using law. Drawing 44 is a graph which shows this contractor all the impurity profiles of the wafer of drawing 43 measured by the precise approach of secondary ion mass spectroscopy (SIMS) effective although [which gives precision profile measurement of high-concentration or shallow junction diffusion] it is common knowledge.

[0214] In detail, drawing 43 is a graph which shows the dopant profile of super-***** formed after the heating step using the 6.131wt%BSG layer with a USG capping layer. The BSG film was about 150A thickness, and the USG capping layer deposited on the BSG film was about 200A thickness. Rapid heat treatment during about 60 seconds performed the heating step at about 1050 degrees C. Next, BSG and the USG film were removed by etching. the depth for the joint obtained so that drawing 43 might see — the inside of a silicon substrate — about 0.06 micrometers it is — a dopant profile is considerably visible to homogeneity. the maximum concentration of boron — about — 6×10^{19} carrier / cm^3 it is . the surface resistivity for the obtained joint — about 685 ohm/ cm^2 it is — things were measured. 4pp surface resistivity — about 222 ohm/ cm^2 it is — addition (sigmap) of the douse ion of the P type layer which things were measured and measured is 1.6×10^{14} .

[0215] Drawing 44 is a graph which shows the profile of the dopant depth measured by SIMS for super-***** indicated by drawing 43 . The boron concentration in about 100A Fukashi is abbreviation 2×10^{18} carrier / cm^3 - abbreviation 1×10^{21} carrier / cm^3 from a front face from the front face of a silicon substrate. It is the range. The boron concentration of about 100A - about 300A is 1×10^{21} carrier / cm^3 - abbreviation 3×10^{21} carrier / cm^3 from a silicon substrate. It is the range. The front face of a silicon substrate to the concentration of the boron under about 300A, silicon, and oxygen falls quickly, and shows a bulk substrate. Possible dopant incorporation is shown by the amount of joint with the shallow steep

slope shown in drawing 44 according to the example of this invention.

[0216] Drawing 45 is a graph which shows the dopant profile of super-***** formed without having a heating step using the 6.131wt%BSG layer which has a USG capping layer. The BSG film was about 150A thickness, and the USG capping layer deposited on the BSG film was about 200A thickness. The heating step was not performed. BSG and the USG film were removed by the etching method. It is about 0.025 micrometers so that drawing 45 may see. It turns out that it formed although a part for the joint which has the depth did not have a heating step. A part for a joint was formed for the high dopant concentration of the boron in the BSG film which there is no heating drive-in step and is clearly diffused to a skill silicon substrate. the maximum concentration of boron — about — 7×10^{17} carrier / cm³ it is . the surface resistivity for the obtained joint — about 55 ohm/cm² it is — addition (sigmap) of the douse ion of the P type layer which things were measured and measured is 4.9×10^{11} .

[0217] Drawing 46 is a graph which shows the dopant profile for the joint formed at the heating step using the 8.084wt%BSG layer with a USG capping layer. Drawing 47 is a graph which compares the dopant profile for the joint formed at the same heating step using the 6.131wt%BSG layer with a USG capping layer, and the 8.084wt%BSG layer with a USG capping layer, in order to show the effect of the dopant concentration about the depth for a joint. Drawing 48 and drawing 49 are graphs which show the depth for a joint, and the effect of the temperature of the heating step about sheet resistivity respectively. Drawing 50 and drawing 51 are graphs which show the depth of junction, and the effect of the time amount of the heating step about sheet resistivity respectively. The spreading resistance profile of drawing 46 - drawing 51 and measured value of sheet resistivity were performed using a solid-state device and four-point probe measurement.

[0218] Drawing 46 is a graph which shows the dopant profile for the joint formed at the heating step using the 8.084wt%BSG layer with a USG capping layer. The BSG film was about 150A thickness, and the USG capping layer deposited on the BSG film was about 200A thickness. Rapid heat treatment during about 60 seconds performed the heating step at about 1000 degrees C. BSG and the USG film were removed by the etching method. The depth is about 0.12 micrometers so that drawing 46 may see. As for a part for super-*****, dopant homogeneity was formed good. the maximum concentration of boron — about — 1×10^{20} carrier / cm³ it is . the surface resistivity for the obtained joint — about 145 ohm/cm² it is — things were measured and addition (sigmap) of douse ion was 7.9×10^{14} . 4pp surface resistivity — about 96 ohm/cm² it is — things were measured.

[0219] Drawing 47 is a graph which shows the dopant profile for the joint formed at the heating step using a different boron wt%BSG layer (especially 6.131wt(s)% and 8.084wt(s)%) with a USG capping layer. The BSG film was about 150A thickness, and the USG capping layer deposited on the BSG film was about 200A thickness. Rapid heat treatment during about 60 seconds performed the heating step at about 1000 degrees C. As drawing 47 sees, the depth of the junction from which the 8.084wt%BSG film was obtained is twice [about] the depth of the junction from which the 6.131wt% BSG film was obtained.

[0220] Drawing 48 and drawing 49 are graphs which show the effect of the heating step temperature concerning a dopant profile and sheet resistivity respectively of the 6.131wt%BSG film with a USG capping layer. The BSG film was about 150A thickness, and the USG capping layer deposited on the BSG film was about 200A thickness. The heating step was performed using rapid heat treatment during about 60 seconds at the temperature of about 900 degrees C, 950 degrees C, 975 degrees C, and 1000 degrees C. about 0.06 micrometers formed after the heating step with a temperature [with the amount of / which was formed after the 1000-degree C heating step / joint low so that it may understand by drawing 48] of 975 degrees C a part for a joint — comparing — about 0.1 micrometers it is . 6. the surface resistivity of the 131wt% BSG film is looked at by drawing 49 — as — a 1000-degree C heating step — about 180 ohm/cm² and — a 975-degree C heating step — about 600 ohm/cm² it was . By the high heating step (it exceeds 950 degrees C) of temperature, the deep diffusion depth for the formed thin joint was obtained.

[0221] Drawing 50 and drawing 51 are graphs which show the effect of the heating step time concerning a dopant profile and sheet resistivity respectively of the 6.131wt%BSG film with a USG capping layer. The BSG film was about 150A thickness, and the USG capping layer deposited on the BSG film was about 200A thickness. The heating step was performed using rapid heat treatment during about 60 seconds for about 40 seconds at about 1000 degrees C. a part for the joint formed after the about 40-second heating step so that it might understand by drawing 50 — about 0.06 micrometers it is — the amount of [which was formed after the 60 second heating step] joint is about 0.1 micrometers. 6. the surface resistivity of the

131wt%BSG film -- after a 40-second heating step -- about 230 ohm/cm² and after a 60-second heating step -- about 150 ohm/cm² it was . Therefore, it turns out that diffusion depth can be determined that the die length of the time amount of a heating step will form a part for super-*****.

[0222] The above-mentioned experiment used for super-** doped junction formation should not only be shown as an example, in order to explain the mode of this invention concretely, and it should not be regarded as what limits the range of this invention.

[0223] B. In order to prove actuation of the equipment by the example of PSG this invention of a PMD layer, and an approach, since the PSG film, for example, a PMD layer, was deposited, it experimented. Before making the PSG film deposit as a PMD layer, in order to form a gate electrode, an oxide side attachment wall, a separation trench, etc., typically, two or more processing steps were presented with the wafer. By experiment, it is Applied Materials. Heat-resistant shrine Giga Fill(trademark) Centura chamber (closed system from which full capacity was prepared for 200mm wafer by about 6l.) The PSG film was made to deposit inside.

[0224] In the experiment, before making the PSG film deposit as a PMD layer on a wafer, in order to make a chamber 15 into a request deposition pressure and to stabilize gas / liquid flow, the preliminary deposition step was performed. It stands to reason that it is recognized that a preliminary deposition step may be changed from the following explanation (it is only each concrete example) so that it may be the best for a different deposition recipe. A preliminary deposition step contributes to decreasing unnecessary deposition and obtaining the profile of the uniform depth of the deposition film on a chamber wall. Before a preliminary deposition step happens, through a vacuum lock door, the vacuum chamber 15 on a heater 25 is loaded with a wafer, and it is closed. A heater 25 is heated to the processing temperature of about 600 degrees C, and it is maintained throughout a preliminary deposition step, a deposition step, and a post-deposition step.

[0225] At the 1st preliminary deposition step, a heater 25 is in the location of about 15mm (about 600 mil) from the gas distribution plate 20. A throttle valve is opened for about 5 seconds, and it is the rate of flow of about 4000 sccm(s) about helium, and is O₂. It introduces to a chamber 15 by the rate of flow of about 2900 sccm(s). Inert gas, helium, and O₂ In order that the rate of flow may be stable, it is introduced first to a chamber 15. Helium and O₂ Those rates of flow are maintained throughout a preliminary deposition step.

[0226] A throttle valve is shut and the pressure in a chamber 15 is raised at the 2nd preliminary deposition step to a deposition pressure. The 2nd preliminary deposition step continues for about 30 seconds, and stabilizes the pressure which may be changed a little in desired deposition pressure order within a chamber 15 in the beginning. A heater 25 is moved to the processing location of about 8mm (about 330 mil) from a gas distribution plate at the 2nd preliminary deposition step.

[0227] At the 3rd preliminary deposition step, when chamber 15 internal pressure is stabilized by the deposition pressure of about 450 torr(s), Liquid TEOS is introduced and the flow of TEOS and helium is stabilized. By the TEOS rate of flow of about 1000 mgm, the about 3-second evaporation TEOS gas in the 3rd preliminary deposition step in front of a deposition step is mixed with helium carrier gas.

[0228] Since a chamber pressure, temperature, and TEOS / gaseous helium flow were stable and the location of a heater 25 was adjusted, deposition processing can begin. O₂ flow finishes at the beginning of a deposition step. Liquid TEPO is introduced at the rate of about 24 mgm, and O₃ (oxygen about 8 wt(s)%) is introduced at the rate of about 4000 sccm(s). Since it is a liquid, TEPO and the source of TEOS are made to evaporate by the liquid impregnation system, next it mixes with inactive carrier gas helium. This mixed liquor is introduced from the gas distribution plate 20 to a chamber 15, reactant gas is supplied to a wafer front face, a heat induction chemical reaction occurs there, and the desired PSG film is produced. According to the above-mentioned conditions, the PSG film deposited the rate for about 1780A/is obtained. By controlling assembly time, the PSG film whose thickness is about 5300A is formed in about 404 seconds on the above-mentioned processing conditions. wt% of Lynn in the obtained PSG film is about 4 wt(s)%.

[0229] In order to perform a conclusion step after deposition, namely, to give moisture and crystallization resistance, the stability of the deposition PSG film is optimized. Deposition conditions are maintained and a TEPO flow finishes it as the conclusion step which continues for about 3 seconds. Therefore, a conclusion step deposits a USG capping layer by the spot approach in a chamber 15 by the above-mentioned conclusion approach of gas. A USG layer is very thin compared with the thickness of the PSG bulk film.

[0230] After PSG deposition and a USG deposition step, in order to control the run ping down of a

chamber pressure, and in order to control a gas shutout, a post-deposition step is used. By adjusting a pressure and a gas shutout, it gives that a post-deposition step reduces the particle formation which may cause wafer contamination and damage.

[0231] In each example, three steps of post-deposition steps were used. A TEOS flow finishes as the 1st back deposition step just behind the above-mentioned conclusion step, and a heater 25 moves to the location of about 15mm (about 600 mil) from the gas distribution plate 20 at it. Moreover, a throttle valve is opened periodically, and after [1st] continuing for about 15 seconds, the lamp down of the chamber pressure in a deposition step is carried out gradually. At the 2nd back deposition step, by sending with a pump by the bypass valve, a throttle valve is opened periodically and the lamp down of the chamber pressure of the 3rd back deposition step (exhaust air step) is carried out so that the helium flow to a chamber 15 may finish. Moreover, after [2nd] continuing for about 15 seconds, a heater 25 is moved downward into a deposition step from a plate 20 to the location of about 25mm (about 999 mil). It is 15 chamberO3 by opening a throttle valve at a deposition step, after [3rd] continuing for about 3 seconds, and sending with a pump by the last bulb. A flow is finished.

[0232] The above-mentioned experiment conditions for PSG deposition of having been suitable for being used as a PMD layer are the the best for giving the best membraneous quality with a high throughput. By raising surface diffusion with high skin temperature, it is TEOS/O3 at the temperature of about 600 degrees C. The heat PSG film deposited using chemistry was excellent in step coverage, and there is much structure of cross linkage, and its oxidation structure of P and Si is stable, and it obtained the outstanding membraneous quality. The PSG deposition film did not have surface flatness with high breakdown voltage with high flow-like step coverage and moisture resistance, and a surface damage (namely, plasma damage), and when there was no fixed charge, it was quality. The PSG deposition film showed good thickness homogeneity. In detail, it is about 1.2 micrometers in thickness of the PSG deposition film. It was measured that the thickness homogeneity (49pt.1sigma) of thickness is less than about 1.5.

[0233] Drawing 52 is a microphotography in which as deposition gap philharmonic engine performance of the PSG film deposited at 600 degrees C is shown according to each example of this invention. It turned out that it can be filled up with the high aspect ratio gap which has height (h) and spacing (w), without forming a void so that especially the PSG film deposited at 600 degrees C may be looked at by drawing 52 . Drawing 53 is the simple diagram (the scale is not shown) of the cross section of the integrated-circuit structure shown in drawing 52 . the gate structure where the substrate 1200 was formed so that drawing 53 might see -- detailed -- silicification -- electrode 1220 ** with the tungsten (WSi) cap 1240 was accumulated. h which was made to deposit an oxide layer 1260 on pile gate structure, and was shown by the dotted line so that drawing 52 - drawing 53 might see -- the example of abbreviation -- 35 micrometers and w -- about 0.08 micrometers A high aspect ratio is formed. Therefore, drawing 52 is drawing showing the high (about 4.3:1) concrete structure of the aspect ratio filled up with the PSG film 1280 used as a PMD layer. The PSG film deposited at about 600 degrees C using the above-mentioned suitable recipe shows the gap philharmonic engine performance which is a high aspect ratio in which there is no need for the reflow performed at about 750 degrees C - 800 degrees C, and it excelled, and is not typically in agreement with a strong remarkable heat budget mostly.

[0234] As for the PSG film deposited at about 600 degrees C other than the outstanding gap philharmonic engine performance of a high aspect ratio, it is advantageous that it is the film with a high consistency with large resistance to water absorption. The water absorption of the deposited PSG deposition film was measured using the Fourier transform infrared-spectrum method (FTIR) of the common use which is common knowledge to this contractor. Drawing 54 is a photograph in which the FTIR spectrum of the PSG film deposited at about 600 degrees C under the following concrete processing conditions is shown. As for concrete processing conditions, according to each example, spacing of about 8mm (about 330 mil) between the TEOS flow of about 1000 mgm, the TEPO flow of about 24 mgm, the helium flow of about 6000 sccm (s), the ozone (oxygen about 12 wt(s)%) flow of about 4000 sccm(s) and a heater 25, and the gas distribution plate 20 is contained by the pressure of about 400 torr(s). PSG assembly time was about 600 seconds. As shown in drawing 54 , the FTIR spectrum of the PSG film deposited at about 600 degrees C did not show the water spike which shows water absorption, but over about 155 hours after deposition, a measurable change of water absorption was not seen but showed the stability of the PSG film over a long period of time.

[0235] As shown in drawing 54 , a consistency is high and the PSG deposition film has water absorption

resistance. Deposition of an elevated temperature, for example, about 600-degree C PSG film, has the inclination to drive out the moisture absorbed to the film, and brings about the film with a high consistency. As film with a high consistency, the PSG film deposited at the elevated temperature has the advantage which does not need a step for membranous eburnation further. The class with the high consistency of the PSG deposition film suits annealing of consecutiveness at temperature higher than about 1000 degrees C, or the use as a PMD layer by which flattening is preferably carried out at a CMP step. This PSG film deposited at the elevated temperature other than water absorption resistance can give philharmonic a good gap, without forming the void or the weak seam which may cause good thickness homogeneity and a consecutive device problem. The high temperature PSG film is useful especially as a PMD layer at one (about 2 wt(s)% - 8wt%) with the good incorporation of Lynn, and important for gettering or catching in migration ion like the sodium (Na+) ion which moves within a device and causes a short circuit.

[0236] The above-mentioned explanation of the experiment which deposits the PSG deposition film and measures a property shows the adaptation for the use as for example, a PMD layer. However, the explanation should not be regarded as what limits the range of this invention.

[0237] C. in order to prove actuation of the equipment by the example of use this invention of the oxide packed bed in shallow trench separation, and an approach -- the USG film -- for example, the experiment deposited as a high quality oxide packed bed for shallow trench separation was conducted. Before making the USG film deposit as a high quality oxide packed bed, in order to form a gate electrode, an oxide side attachment wall, a separation trench, etc., typically, two or more processing steps were presented with the wafer. By experiment, it is Applied Materials. Heat-resistant shrine Giga Fill(trademark) Centura chamber (closed system from which full capacity was prepared for 200mm wafer by about 6l.) The USG film was made to deposit inside.

[0238] In the experiment, before making the USG film deposit as a packed bed on a wafer, in order to make a chamber 15 into a request deposition pressure and to stabilize gas / liquid flow, the preliminary deposition step was performed. It stands to reason that it is recognized that a preliminary deposition step may be changed from the following explanation (it is only each concrete example) so that it may be the best for a different deposition recipe. A preliminary deposition step contributes to decreasing unnecessary deposition and obtaining the profile of the uniform depth of the deposition film on a chamber wall. Before a preliminary deposition step happens, through a vacuum lock door, the vacuum chamber 15 on a heater 25 is loaded with a wafer, and it is closed. A heater 25 is heated to the processing temperature of about 550 degrees C, and it is maintained throughout a preliminary deposition step, a deposition step, and a post-deposition step.

[0239] At the 1st preliminary deposition step, a heater 25 is in the location of about 15mm (about 600 mil) from the gas distribution plate 20. A throttle valve is opened for about 5 seconds, and it is the rate of flow of about 7000 sccm(s) about helium, and is O₂. It introduces to a chamber 15 by the rate of flow of about 2900 sccm(s). Inert gas, helium, and O₂ In order that the rate of flow may be stable, it is introduced first to a chamber 15. Helium and O₂ Those rates of flow are maintained throughout a preliminary deposition step.

[0240] A throttle valve is shut and the pressure in a chamber 15 is raised at the 2nd preliminary deposition step to a deposition pressure. The pressure which the 2nd preliminary deposition step may be changed in a continuation less than about 40 seconds, and may be changed a little in desired deposition pressure order in the beginning is stabilized within a chamber 15. A heater 25 is moved from a gas distribution plate to the processing location of about 9mm (about 350 mil) into the 2nd preliminary deposition step.

[0241] At the 3rd preliminary deposition step, when chamber 15 internal pressure is stabilized by the deposition pressure of about 600 torr(s), Liquid TEOS is introduced and the flow of TEOS and helium (or nitrogen) is stabilized. By the TEOS rate of flow of about 2000 mgm, the about 5-second evaporation TEOS gas in the 3rd preliminary deposition step in front of a deposition step is mixed with helium (or nitrogen) carrier gas.

[0242] Since a chamber pressure, temperature, and TEOS / gaseous helium flow were stable and the location of a heater 25 was adjusted, deposition processing can begin. O₂ flow finishes at the beginning of a deposition step, and O₃ (oxygen about 12.5 wt(s)%) is introduced at the rate of about 5000 sccm(s). Since it is a liquid, the source of TEOS is made to evaporate by the liquid impregnation system, next it mixes with inactive carrier gas helium. This mixed liquor is introduced from the gas distribution plate 20 to a chamber 15, reactant gas is supplied to a wafer front face, a heat induction chemical reaction occurs there, and the desired USG film is produced. According to the above-mentioned conditions, the PSG film

deposited the rate for about 1450Å is obtained. By controlling assembly time, the USG film whose thickness is about 10000Å is formed in about 414 seconds on the above-mentioned processing conditions. [0243] In order to perform a purge step after USG deposition, namely, to give moisture resistance, the stability of the deposition USG film is optimized. Deposition conditions are maintained and a TEPO flow finishes it as the purge step which continues for about 3 seconds.

[0244] After a USG deposition step and a purge step, in order to control the run ping down of a chamber pressure, and in order to control a gas shutout, a post-deposition step is used. By adjusting a pressure and a gas shutout, it gives that a post-deposition step reduces the particle formation which may cause wafer contamination and damage.

[0245] In each example, three steps of post-deposition steps were used. The carrier gas flow to a chamber 15 finishes it as the 1st back deposition step just behind the above-mentioned conclusion step by sending with a pump by the bypass valve. After [1st] opening a throttle valve periodically and continuing for about 15 seconds, a heater 25 is moved to the location of about 15mm (about 600 mil) from the gas distribution plate 20 so that the lamp down of the chamber pressure may be gradually carried out into a deposition step. At the 2nd back deposition step, a throttle valve is opened periodically, the run ping down of a chamber pressure is continued, and it is 15 chamber O3. A flow is continued. Moreover, after [2nd] continuing for about 15 seconds, a heater 25 is moved downward into a deposition step from a plate 20 to the location of about 15mm (about 600 mil). It is 15 chamber O3 by opening a throttle valve at a deposition step, after [3rd] continuing for about 3 seconds, and sending with a pump by the last bulb. A flow is finished.

[0246] The above-mentioned experiment conditions for USG deposition of having been suitable for being used as a high quality oxide packed bed are the the best for giving the best membraneous quality with a high throughput. in shallow trench separation covering, the deposition USG film must have possible philharmonic a gap (typical — the moderate accuracy of about 85 degrees) who does not have a void in addition to being the uniform film with a very high and consistency. The USG deposition film showed good thickness homogeneity. In detail, it was measured that the thickness homogeneity (49pt.1sigma) of the about 5000Å thickness of the USG deposition film is less than about 1.5.

[0247] Drawing 55 and drawing 56 are microphotographies in which the relative gap philharmonic engine performance of the TEOS/O3 USG film respectively deposited at about 400 degrees C and about 550 degrees C after about 1050-degree C reflow and 6:1 buffer-ized oxide etching (BOE) is shown according to each example of this invention. Especially for drawing 55 , the width of face which has the packed bed which is the USG film deposited at about 400 degrees C after about 1050-degree C reflow is about 0.35 micrometers. And the depth is the photograph in which about 0.70 micrometers (gap of about 2:1 aspect ratio) trench structure is shown. Drawing 55 is a photograph in which the big void in the USG film is shown, and shows that the USG film deposited at about 400 degrees C has a hardly high consistency, and tends to be shrunken, and appears. to some extent, the USG film which deposited after a reflow in the temperature higher than about 1000 degrees C which can carry out eburnation of the until USG film at the temperature of about 400 degrees C has a hardly high consistency, and cannot be borne at hot annealing or consecutive wet etching processing, without opening a void. For drawing 56 , as a comparison, the width of face which has the packed bed which does not have the void which is the USG film deposited at about 550 degrees C after about 1050-degree C reflow and consecutive wet etching processing is about 0.18 micrometers. It reaches and the depth is about 0.45 micrometers. It is the photograph in which trench (about 2.5:1 aspect-ratio gap) structure is shown. The USG film deposited at about 550 degrees C can be filled up with a high aspect ratio gap, without forming a void after a reflow unlike the USG film deposited at 400 degrees C so that it might see from drawing 55 and drawing 56 . After etching processing with a very uniform etch rate, the USG film deposited at about 550 degrees C holds the step coverage which was excellent, without opening a void.

[0248] It is the microphotography in which the gap philharmonic engine performance of about 1000 degrees C [by each example of this invention] annealing and the deposition USG film after consecutive wet etching processing is shown as certification of the high aspect ratio gap-filling engine performance of the USG film deposited at about 550 degrees C. For drawing 57 , the width of face which has the packed bed which is the USG film deposited at about 550 degrees C after about 1000-degree C reflow is about 0.16 micrometers. It reaches and the depth is about 0.48 micrometers. It is the photograph in which trench (aspect ratio about 3:1 gap) structure is shown. The trench structure of drawing 57 has spacing smaller

than the trench structure shown in drawing 55 and drawing 56, and a large aspect ratio, and shows the gap-filling engine performance which was excellent in the USG film deposited at about 550 degrees C. [0249] As for the USG film deposited at about 550 degrees C other than the outstanding gap performance of a high aspect ratio, it is advantageous that it is the film with a high consistency with large resistance to water absorption. The water absorption of the deposited PSG deposition film — FTIR of common use — it measured using law. Drawing 54 is a photograph in which the FTIR spectrum of the PSG film deposited at about 550 degrees C under the following concrete processing conditions according to each example is shown. As for concrete processing conditions, according to each example, spacing of about 9mm (about 350 mil) between the TEOS flow of about 2000 mgm, the helium flow of about 7000 sccm(s), the ozone (oxygen about 12.5 wt(s)%) flow of about 5000 sccm(s) and a heater 25, and the gas distribution plate 20 is contained by the pressure of about 600 torr(s). The FTIR spectrum of the USG film deposited at about 600 degrees C showed low-water-flow part absorption so that drawing 58 might see (about 1 wt% less than moisture). Furthermore, it was shown that drawing 58 is seen over about 160 hours after the increment in the moisture below abbreviation 0.5wt% depositing, and the stability of the PSG film over a long period of time was shown.

[0250] Therefore, a consistency is high and the USG deposition film has water absorption resistance so that it may be supported by drawing 58. Deposition of an elevated temperature, for example, about 550-degree C USG film, has the inclination to drive out the moisture absorbed to the film, and brings about the film with a high consistency. As film with a high consistency, the USG film deposited at the elevated temperature has an advantage with the small ease of being shrunken which brings about void formation after an annealing step and consecutive wet etching processing compared with the USG film deposited at low temperature. The class with the high consistency of the PSG deposition film suits the use as a high quality oxide layer filled up with the trench used for shallow trench separation covering. Flattening of the USG film which accumulated at the elevated temperature and was used as an oxide packed bed for high density is carried out by consecutive annealing or a consecutive CMP step, and the accuracy which opens a void becomes the minimum. This USG film deposited at the elevated temperature other than water absorption resistance and good thickness homogeneity can give the high aspect ratio which was excellent, without forming the void or the weak seam which may cause a consecutive device problem.

[0251] Usually, high-pressure O₃-/TEOS The USG film produces [a pattern or a surface susceptibility operation may be shown and] the deposition which is not uniform and is not desirable. It turned out that the problem by the deposition which is not uniform gets worse by the high O₃-/TEOS ratio. In order to obtain sufficient rate of sedimentation, many TEOS(s) need to be used for deposition of the USG film in an elevated temperature like about 550 degrees C advantageous at least. Therefore, the O₃-/TEOS ratio of the USG film deposited at the elevated temperature removes a pattern or a surface susceptibility operation low (less than about 5:1). Furthermore, the USG film of membranous qualities (for example, a consistency, shrinkage, etc.) deposited at the elevated temperature is expensive. Because of the high density of the elevated-temperature deposition USG film, plasma etching processing or a plasma oxidation object cap is unnecessary, and the plasma damage over a wafer is avoided. Therefore, **** of the plasma from such processing in a chamber decreases the possibility of metal mixing, and the possibility of a short circuit of the device in a wafer. Plasma etching processing or a plasma oxidation object cap is required mostly, and compared with the low-temperature heat USG film which may be shrunken in order to open a void after annealing, the heat USG film deposited at the temperature of about 550 degrees C according to this invention has a uniform film consistency, the gap performance engine performance is excellent, shrinkage is min, and there is little metal mixing, without carrying out plasma damage.

[0252] Explanation of the above-mentioned experiment shows adaptation of the deposition USG film for using it as a high quality oxide layer filled up with the trench of a high aspect ratio to shallow trench separation as an example. Since the USG film is deposited on IMD covering at temperature lower than 500 degrees C, the same CVD system is used. It stands to reason that the above-mentioned explanation is not regarded as what restricts the range of this invention.

[0253] It should be understood that it is not what the above-mentioned explanation is instantiation and is limited. Many examples will become clear to this contractor, in case they re-evaluate the above-mentioned explanation. As an example, although this specification mainly showed this invention about USG, BSG, PSG, and the BPSG process recipe, it is not limited to it. For example, the dielectric film formed according to other examples can be used as an arsenic dope oxidation silicone film or other dope film. Although

deposition of a dielectric film has been indicated using carrier gas like helium as other examples, other carriers like an argon or nitrogen are used similarly. Furthermore, the dielectric layer has been indicated as an example about each covering containing doped junction formation, a PMD layer, an IMD layer, an oxide packed bed, a capping layer, etc. It stands to reason that being used in order to make a dielectric layer deposit at above-mentioned temperature with the same CVD system lower than about 400 degrees C and temperature higher than 500 degrees C is recognized. Furthermore, the various modes of this invention are used for other covering. This contractor will recognize other equipment or options which deposit a dielectric layer, maintaining within the limits of the application for patent of this invention. therefore, the perfect range of the equivalent with which the range of this invention should not be determined about the above-mentioned explanation, but this claim grants a right -- the above -- it should be determined about the claim.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-154706

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/316

H 0 1 L 21/316

X

21/31

21/31

B

// H 0 1 L 21/76

21/76

L

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 58 頁)

(21) 出願番号 特願平9-308990

(71) 出願人 390040660

(22) 出願日 平成9年(1997)11月11日

アプライド マテリアルズ インコーポレ
イテッド

(31) 優先権主張番号 08/746631

APPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED

(32) 優先日 1996年11月13日

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

(33) 優先権主張国 米国 (US)

95054 サンタ クララ パウアーズ ア
ベニュー 3050

(72) 発明者 リーチュン シア

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
サンタ クララ, ホームステッド ロー
ド 3131, 13ディー

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 浅いトレンチ分離のための方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 厚さの均一性、良好なギャップフィル性能、高密度、低水分を有する誘電膜を形成する高温堆積、加熱及び効率のよい洗浄のシステム、方法及び装置の提供。

【解決手段】 約100～760 torrの圧力のチャンバ内でシリコン、酸素及びドーパントの反応から少なくとも500℃の温度のヒータ上の基板上に、ドーパント原子を含むドーパ酸化シリコン膜を堆積させる工程；及び前記ドーパント原子を前記基板内に拡散させるために前記ドーパ酸化シリコン膜を加熱して前記超薄ドーパ領域を形成する工程を含むチャンバ内で基板の超薄ドーパ領域を形成する方法を用いる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバ内でヒータ上の基板に絶縁層を堆積させる方法であって、前記ヒータを前記チャンバ内で少なくとも約500℃の温度に加熱するステップ；前記チャンバを約10 torr〜760 torrの圧力に加圧するステップ；及び酸素及びシリコンを前記チャンバへ導入して前記温度の前記ヒータ上の前記基板に酸化シリコン膜を堆積させるステップ；を含む方法。

【請求項2】 前記温度が少なくとも約600℃である請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記温度が少なくとも約650℃である請求項1記載の方法。

【請求項4】 前記温度が少なくとも約750℃である請求項1記載の方法。

【請求項5】 前記酸化シリコンの水分が少なく、縮みの小さい密度の高い膜であり、約1000℃での加熱ステップ後にボイドがない請求項1記載の方法。

【請求項6】 前記酸化シリコンが、TEOS及びO₃を前記チャンバへ導入することにより堆積する請求項1記載の方法。

【請求項7】 前記酸化シリコンを堆積させる前に、酸素、シリコン及びドーパントを前記チャンバへ導入して前記少なくとも1個のギャップ上にドーパ酸化シリコン膜を堆積させるステップを更に含む請求項1記載の方法。

【請求項8】 前記ドーパ酸化シリコン膜からのドーパントが前記基板へ送られた後に及び前記酸化シリコンを堆積させる前に前記ドーパ酸化シリコン膜を前記少なくとも1個のギャップから除去するステップを更に含み、前記基板へ送られた前記ドーパントが前記少なくとも1個のギャップの表面の前記基板にチャンネルストップ拡散を与える請求項7記載の方法。

【請求項9】 前記ドーパントがホウ素で構成されている請求項8記載の方法。

【請求項10】 前記ドーパントがリンで構成されている請求項8記載の方法。

【請求項11】 前記ホウ素がTEBからのものである請求項9記載の方法。

【請求項12】 前記リンがTEPOからのものである請求項10記載の方法。

【請求項13】 下記の成分を含む基板処理系。約10 torr〜760 torrの圧力の真空チャンバ；反応性ガスを前記真空チャンバへ導入する前記ハウジング内に位置するガス分散マニホールド；少なくとも約500℃の温度に加熱する、ウェハを保持するセラミックヒータ；前記ガス分散マニホールドから前記真空チャンバへ導入された前記反応性ガス中のシリコン及び酸素の反応から前記ウェハ上に前記温度で非ドーパケイ酸塩ガラス(USG)を含む絶縁層を堆積させる手段。

【請求項14】 下記の成分を更に含む請求項13記載の系。前記ガス分配マニホールド、前記セラミックヒータ、前記真空系及び前記堆積手段に連結された供給源分配系を制御するプロセッサ；及び前記プロセッサに連結されかつ前記系の操作を指示する、第1時間中に前記反応性ガスを導入してアスペクト比が少なくとも約2.5:1の前記ウェハ上に前記トレンチ上にボイドをもたずに堆積させる前記USG膜を堆積させる命令の第1セットを含むプログラムを記憶するメモリ。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】 関連出願のクロス・リファレンス

本出願は、共同発明者としてJonathan Frankel, Hari Ponnekanti, Inna Shmurun & Visweswaren Sivaramakrishnanが挙げられた「高温処理チャンバ用ヒータ/リフトアセンブリ」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者として Jonathan Frankel & Visweswaren Sivaramakrishnanが挙げられた「高温処理チャンバ用チャンバライナー」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；Gary Fong & Irwin Silvestre が挙げられた「リモートプラズマ系を底に取り付けた基板処理装置」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；発明者としてJonathan Frankelが挙げられた「高温処理チャンバ用リフトアセンブリ」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者としてVisweswaren Sivaramakrishnan & Gary Fongが挙げられた「熱(非プラズマ)処理においてチャンバ清浄の終わりを検出するシステム及び方法」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者としてJonathan Frankel, Inna Shmurun, Visweswaren Sivaramakrishnan & Eugene Fuksanskiが挙げられた「高温処理チャンバ用リッドアセンブリ」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者として Gary Fong, Li-Qun Xia, Srinivas Nemani & Ellie Yiehが挙げられた「基板処理システムにおける表面の洗浄方法及び装置」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者として Li-Qun Xia, Visweswaren Sivaramakrishnan, Srinivas Nemani, Ellie Yieh & Gary Fongが挙げられた「チャンバ材料表面からフッ素をゲッタリングする方法及び装置」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者として Li-Qun Xia, Ellie Yieh & Srinivas Nemani が挙げられた「大気圧未満及び高温条件下で金属誘電層を堆積させる方法及び装置」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者としてVisweswaren Sivaramakrishnan, Ellie Yieh, Jonathan Frankel, Li-Qun Xia, Gary Fong, Srinivas Nemani, Irwin Silvestre, Inna Shmurun & Tim Levineが挙げられた「半導体ウェハの高温処理システム及び方法」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；発明者としてJonathan Frankelが挙げられた「気相成長装置の温度を制御するシステム及び方法」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出

願；共同発明者として Gary Fong, Fong Chang & Long Nguyenが挙げられた「マイクロ波清浄用前安定化プラズマ生成のための方法及び装置」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願；共同発明者としてEllie Yieh, Li-Qun Xia, Paul Gee & Bang Nguyenが挙げられた「ドーピング酸化シリコン膜を用いて超薄ドーピング領域を形成する方法及び装置」と称する同時出願及び共同譲渡された特許出願に関する。上記の参考出願の各々は本発明の譲受人の Applied Materials社に譲渡され、それらの明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0002】発明の背景

本発明は、半導体処理に関する。更に詳細には、本発明は、約500℃より高い温度で高アスペクト比の特徴にわたって含水量が少なくかつ縮みの小さい誘電膜を形成する方法及び装置に関する。本発明の実施例は、ホウリン酸塩ガラス(BPSG)膜、ホウケイ酸塩(BSG)膜又はリンケイ酸塩ガラス(PSG)膜のようなドーピング誘電膜を堆積しかつ例えば、ソース/ドレーン接合部分又は浅いトレンチ分離のチャネルストップ拡散部分として用いられる超薄ドーピング領域を形成するのに特に有用である。更に、本発明の実施例は、含金属誘電(PMD)層、金属間誘電(IMD)層又は他の誘電層として用いられるドーピング誘電膜を堆積させるために用いられる。本発明の他の実施例は、浅いトレンチ分離充填酸化物として用いられる非ドーピングケイ酸塩ガラス(USG)膜、絶縁層、キャッピング層又は他の層の非ドーピング誘電膜を堆積するために用いられる。

【0003】最新の半導体デバイスを製造するのに主要なステップの1つは、半導体基板上に誘電層を形成するステップである。周知のように、かかる誘電層は化学気相成長(CVD)によって堆積される。従来のCVD熱処理においては、反応性ガスが基板表面に供給され、熱誘導化学反応(均一又は不均一)が起こって所望の膜を生成する。従来のプラズマ処理においては、所望の膜を生成する反応性物質を分解及び/又はエネルギーを与えるために制御されたプラズマが生成される。通常、熱及びプラズマ処理における反応速度は次の温度、圧力及び反応ガスの流速の1種以上を制御することにより制御される。

【0004】半導体デバイスの形は、かかるデバイスが数十年前に始めて導入されて以来サイズが劇的に小さくなった。それ以来、集積回路は、一般的には、チップに取り付けるデバイスの数が2年毎に2倍になることを意味する2年/半サイズ方式(たいていムーアの法則と呼ばれる)に従ってきた。今日のウェハ製造プラントは、通常、0.5µm及び0.35µmさえの特徴サイズデバイスを製造しており、明日のプラントは、まもなく、更に小さな特徴サイズをもつデバイスを製造するであろう。デバイスの特徴サイズが小さくなり集積密度が高くなるにつれて、以前には製造業で重要と見なされなかつ

た問題点が関係するようになっている。特に、集積密度が著しく高いデバイスは高(例えば、約3:1又は4:1より大きい)アスペクト比をもつ特徴がある。(アスペクト比は2つの段差部の間隔に対する高さの比として定義される。)

質の高いデバイスを製造するためにそれらの高集積デバイスを製造するのにますます厳重な処理が要求され、従来の基板処理システムはそれらの要求を満たすのに不十分になっている。1つは、かかるデバイスの製造方法において形成された誘電膜が実質的にギャップ又はボイドを残さずにそれらの高アスペクト比の特徴にわたって均一に堆積されなければならないことが要求される。もう1つは、続いての加熱及び/又はウェットエッチングステップの堆積膜にボイドが見えてこないようにそれらの膜の縮みを小さくしなければならないことが要求される。しかしながら、典型的には約450℃未満の温度で誘電膜を堆積する従来の基板処理システムは、後続の加熱及び/又はウェットエッチングステップにおいて実質的にボイドを開けずにギャップ充填能力の良好な低水分膜を製造することが不可能である。周知のように、それらのギャップ又はボイドはデバイス性能の信頼性がないこと及び他の問題の原因になるものである。かかるデバイスにおいて、例えば、PMD又はIMD層として用いられる誘電膜は、それらのギャップ又はボイドによる問題を避けるために良好な高アスペクトギャップ充填能力を必要とする。更に、デバイスにおける短絡及び他の問題を避けるために処理ステップでのウェハへの金属混入を最少にすることが要求される。周知のように、処理中にその場プラズマを用いる従来の基板処理システムは、アルミニウム壁のようなチャンバ表面を攻撃するイオンの物理的スパッタリングを経験し、基板の金属混入を生じる。従って、その場プラズマの使用は望ましくない。含水量が少ない、密度が高い、収縮が小さい、高アスペクト比ギャップ充填能力が良好な望ましい特性をもつ誘電膜を得るためにその場プラズマを使用しない改良された基板処理システムが求められている。

【0005】それらの厳重な要求を満たすほかに、基板処理システムは、デバイスの形を縮めつつ高集積デバイスに必要である超薄ドーピング領域を形成する高い要求を満たすことができなければならない。小さな形のデバイスの出現で、半導体の超薄ドーピング領域は、ソース/ドレーン接合部分、浅いトレンチ分離のチャネルストップ拡散部分等を含む種々の用途に求められている。例えば、長さが0.8µm未満のチャネルを含むMOSデバイスは、たいてい、十分なデバイス性能に対して深さが約250ナノメートル(nm)のソース/ドレーン接合部分が必要である。深さ約0.35µmのトレンチ分離構造によって分けられるトランジスタについては、深さが数百nm程度の超薄チャネルストップ領域が常に必要とされる。超薄ドーピング領域が必要である用途については、ドーピング領域の

ドーパント分布が均一であり接合部分の深さの制御が良好であることが重要である。

【0006】イオン注入及びガス拡散のような超薄ドーパ領域を形成する現在の方法は、ある用途には不十分である。それらの現在の方法において、ドーパント分布及び接合の深さを制御する能力は、特にドーパ領域が薄くなるにつれて制限される。イオン注入のような方法においては、ドーパ分布を制御することは半導体材料の表面の密集濃度のイオンのために困難である。また、イオン注入は半導体表面に損傷を引き起こし、その基板損傷を修復する方法はたいいていドーパント分布及び超薄ドーパ領域の接合の深さを制御することを困難にする。例えば、相対的に高エネルギーレベルで衝撃したイオンは半導体材料にトンネル又はチャンネルを掘る傾向があり、点欠陥のような損傷を引き起こす。不規則な及び不均一な接合の深さをまねくそれらの点欠陥は、注入した半導体材料を高温（約900℃より高い温度）でアニールを行うことにより固定される。しかしながら、注入した半導体材料のアニールを行うと接合の深さが所望のものを越えることがある。ガス拡散のような方法においては、ドーパント分布及び接合の深さを制御すると超薄ドーパ領域を形成する点での制御が困難になる。技術がより小さな形のデバイスに進行するにつれて、ドーパントの均一性及び超薄ドーパ領域の接合の深さを制御することができる代替的方法が求められている。

【0007】超薄ドーパ領域を形成するにあたり、イオン注入及びガス拡散の現在の方法の代替的方法是ドーパント拡散源としてドーパ誘電膜の使用がある。その代替的方法では、ドーパ誘電膜は基板上に堆積し、超薄ドーパ領域を形成するために基板に拡散されるドーパント源として用いられる。例えば、ドーパ誘電膜は成長チャンバ内で500℃未満の温度で堆積し、引き続き、ドーパント拡散を行うアニール電気炉のような別のチャンバ内で500℃を超える温度で加熱されてドーパ領域を形成する。ドーパ誘電膜の厚さ、均一性及び含水量の制御は、半導体材料で超薄ドーパ接合部分を効率よく形成するのに重要である。特に、堆積したドーパ誘電膜の厚さ及び均一性を制御すると拡散に利用できるドーパントの量について制御される。拡散源として用いられるドーパ誘電膜の厚さを制限すると堆積（及び後続のエッチング）時間を節約することによりウェハのスループットを高めるのに役立つ。更に、ドーパントの均一性さえある均一に堆積した膜は膜から基板へのドーパントの制御された拡散を与えることができる。周知のように、ドーパ誘電膜中の含水量は結晶構造で結合するドーパントと反応し、ドーパ領域を形成する基板への拡散に利用できるドーパントがわずかになる。それらの膜は拡散での使用に利用できるドーパントが多いので含水量の少ないドーパ誘電膜を用いることが望ましい。

【0008】ドーパント拡散源としてドーパ誘電膜を用

いる場合、従来の基板処理システムはいくつかの問題に直面する。1つの問題は、従来のシステムを用いてドーパ誘電膜を堆積させる場合に膜の厚さ及び均一性について高精度の制御を得ることが困難であることである。他の問題は、ドーパ誘電膜中のドーパントの十分な量が超薄ドーパ領域を形成する基板への拡散に利用できることを行わせることがたいいてい困難であることである。更に、問題は未変性酸化物の存在であり、超薄ドーパ領域が形成される基板表面上でドーパントがドーパ誘電膜から基板へ拡散することを防止するバリア層として作用する。それらの問題は、下記に詳細に述べられる。

【0009】超薄ドーパ領域を形成するドーパント拡散源としてドーパ誘電膜を使用するという利点にもかかわらず、従来の堆積システムを用いる場合に堆積ドーパ誘電膜の厚さ及び均一性を制御することが不可能であるという問題は、特に2つの主要な理由にかかわるものである。第1に、従来の方法及び装置を用いて堆積ドーパ誘電膜の厚さ及び均一性を十分に制御できないと形成される超薄ドーパ領域のドーパントの均一性及び接合の深さの制御能力が減少することになる。例えば、従来の連続CVDチャンバでは、基板がベルト上に残り、チャンバの各部分を通して進む。チャンバの各部分ではある種の厚さを有する層が堆積される。堆積膜の厚さはベルト速度を変えることにより制御され、制御が限定される。更に、異なるウェハ上に堆積した膜の厚さ及びドーパント均一性についての制御は、ベルト速度を用いて膜の厚さ及びドーパント濃度を制御することを試みる場合に困難である。即ち、異なるウェハ上に堆積した膜の厚さが異なりかつ予想できず、ウェハ間の信頼性がなくなる。第2に、非常に薄い膜に対してさえ堆積ドーパント誘電膜の厚さを制御することは全体の効率及び高ウェハスループットに望ましいことである。しかしながら、従来の方法は、数千オングストロームの程度の厚さでドーパ誘電膜を形成できるにすぎなかった。また、堆積膜の厚さを制御するベルト速度による系を用いてできるだけ薄い堆積膜の厚さを維持することは困難である。慣用的に堆積した厚い膜においては、半導体材料に達する前に移る距離が大きいのでいくらかのドーパントはもはや基板に拡散するのに用いられない。また、エッチング又は他の手法でドーパント拡散源として用いられたそのような厚い膜を除去するとウェハを処理する合計時間がたいいてい増加する。効率を改善する製造業者の圧力を成長させつつ、堆積して除去するのに要する時間を短縮するためにできる限り薄いドーパ誘電膜を形成することが望ましい。ドーパント拡散源として用いられるドーパ誘電膜の厚さ及びドーパント均一性（ウェハ前後のドーパント変化±0.2重量%で厚さ約500オングストローム未満）を容易に制御できる方法及び装置があることが望ましい。

【0010】超薄ドーパ領域のドーパント拡散源として

ドーブ誘電膜を用いることに伴う他の問題は、十分な量のドーバントが基板への拡散に利用できなければならぬことである。膜及び高濃度ドーバントは、たいいてい、超薄接合部分を形成する基板への均一な拡散に十分な量のドーバントを与えることが求められる。しかしながら、水分吸収及びガス抜きが十分なドーバント利用可能性に関して2つの問題がある。ドーブ誘電膜、特にドーバント濃度の高いものは、ウェハがクリーンルームで周囲水分に曝露されたすぐ後に水分を吸収する傾向がある（例えば、多段プロセスにおいてドーブ誘電膜の堆積後の成長チャンバから次の処理ステップの異なる処理チャンバへウェハが移される場合）。次に、吸収した水分は誘電膜中のドーバントと反応し、膜を結晶化させる。膜内にドーバントを結合する結晶構造のために、それらのドーバントは他のチャンバ内で急速熱処理又はアニールを行うことによるウェハを焼いて加熱した後でさえ基板への拡散に利用できなくなる。従って、水分吸収は基板への拡散に対するドーバントの量を減少する。水分吸収の問題のほかに、ドーブ誘電膜からのドーバントのガス抜きも後続の加熱ステップで起こることがある。それらのドーバントは、基板から離れて膜の外へ拡散し、超薄ドーブ領域を形成する基板へ拡散されるのに利用できるドーバントがわずかになる。

【0011】十分なドーバントが拡散に利用できる場合でさえ、拡散源としてドーブ誘電膜を用いる場合に未変性酸化物が依然として重要な問題である。超薄ドーブ領域が形成される基板表面上に存在する未変性酸化物は、シリコンへの有効な及び均一なドーバント拡散を妨げる。従って、ドーバントに対する拡散バリア層として作用する未変性酸化物は除去されなければならない。未変性酸化物の除去は、液体エッチング剤を用いるウェットエッチング及びその場プラズマを用いるドライエッチングのような従来の手法を用いて行われてきた。しかしながら、液体エッチング剤を用いると、たいいてい、制御が困難でありかつ基板をオーバーエッチングすることがある。ウェットエッチングのような従来の方法で未変性酸化物が洗浄された基板は未変性酸化物が再び形成し始める約1週間前未満の自己寿命があり、未変性酸化物が除去されたすぐ後にウェハを処理することが望ましい。ドライエッチングを用いて未変性酸化物をその場プラズマで除去すると基板の表面にプラズマ損傷が生じる。表面プラズマ損傷を引き起こすほかに、その場プラズマドライエッチングは前に述べたように望ましくないことに金属混入を生じることがある。従って、ドーバントが超薄ドーブ領域に対して均一に基板へ拡散することができるよう基板表面を損傷せずに未変性酸化物を効率よく除去することが重要である。

【0012】均一な厚さ及び金属混入の少ない高アスペクト比ギャップ充填能力をもつ密度の高い低水分誘電膜のほかに、集積回路デバイスを製造するのに品質及び総

合効率の改善が重要である。デバイスを製造するのに品質及び総合効率を改善する重要な方法は、効果的に及び経済的にチャンバを洗浄することである。処理品質及び総合効率を改善する製造業者の圧力を成長させつつ、ウェハの品質を妥協することなく多段プロセスにおける全ダウン時間を削除することは時間及び記憶双方を節約するのにますます重要になってきた。CVD処理中、処理チャンバ内部に遊離した反応性ガスは、処理される基板の表面上に酸化シリコン又は窒化シリコンのような層を形成する。望ましくない酸化物の堆積は、ガス混合ボックスとガス分配マニホールド間の領域のようなCVD装置にも生じる。望まれていない酸化物残留物もかかるCVDプロセス中に排気チャネル及び処理チャンバの壁の中又は周りに堆積される。時間がたつにつれて、CVD装置から残留物を洗浄することができなくなると、たいいてい、分解した信頼性のないプロセス及び欠陥基板が得られる。CVD装置に蓄積した残留物からの不純物は、基板上を移動することができる。基板上のデバイスに対して損傷を引き起こす不純物の問題は、今日のますます小さくなるデバイス寸法については特にかかわりがある。従って、CVDシステムの保守は、処理する基板の滑らかな操作に重要であり、デバイス歩留りの改良及び良好な製品の性能を生じる。

【0013】高品質デバイスを生産するのにCVD系の性能を改善するためにあらゆるNウェハの処理の間に定期的なチャンバ洗浄がしばしば求められている。チャンバ及び／又は基板を効率よく損傷させずに洗浄すると、たいいてい、生産されたデバイスの性能及び品質を高めることができる。上記のチャンバ洗浄の品質を改善するほかに（真空密閉を破壊することなく行われる）、予防保守チャンバ洗浄（真空密閉はチャンバリッドを開けてチャンバを物理的に拭き取ることにより破壊される）は多数の定期的チャンバ洗浄の間に行われる。たいいてい、必要な予防保守チャンバ洗浄を行うには、チャンバリッド及びリッドを塞ぐことができる他のチャンバ部分を開放することが必要であり、これは通常の生産処理を妨害する時間を要する手順である。

【0014】上記の観点から、改良された方法、システム及び装置は、均一な厚さ及び高アスペクト比ギャップ充填能力を有する密度の高い低水分誘電膜を堆積することが求められている。最適には、それらの改良された方法及び装置は金属混入の少ないチャンバ洗浄を備えている。改良された方法及び装置は、また、超薄接合部分のドーバント拡散源としてドーブ誘電膜を形成することが求められている。それらの方法及び装置は、シリコンウェハに有意な表面損傷を引き起こすことなくドーブ誘電層から有効な及び均一なドーバント拡散を行わせるために未変性酸化物を効率よく除去することができなければならない。更に、ある用途については、異なる種類の洗浄に要する時間を最少にするために簡便化した設計によ

る単一チャンバにおいて多段の堆積及び洗浄能力を備えることが望ましい。従って、求められることは、質の高い効率のよい高温堆積及び効率のよい穏やかな洗浄が可能なシステム及び方法である。特に、それらのシステム及び方法は、高アスペクト比の特徴をもつデバイスを形成するために要求される処理及び超薄ドーブ領域を形成するために要求される処理と適合するように設計されなければならない。

【0015】発明の要約

本発明は、半導体ウェハの高温（少なくとも約500～800℃）処理用システム、方法及び装置を提供する。本発明の実施例としては、総合処理時間を短縮しつつ高アスペクト比の特徴をもつ高集積デバイスを生産する高品質処理を行わせるために多段処理ステップを同一チャンバ内でその場で行うことを可能にするシステム、方法及び装置が含まれる。多段処理ステップを同一チャンバ内で行うと、処理パラメーターについての制御が高められ、堆積膜中の含水量がかなり減少し、金属混入又は処理残留物混入のためにデバイス損傷が最小になる。

【0016】特に、本発明は相対的に薄い膜厚を有する誘電膜を形成する高温堆積、加熱及び効率のよい洗浄を提供する。本発明の実施例は、ホウリンケイ酸塩ガラス（BPSG）膜、ホウケイ酸塩ガラス（BSG）膜又はリンケイ酸塩ガラス（PSG）膜のようなドーブ誘電膜を堆積しつつ、例えば、ソース/ドレーン接合部分又は浅いトレンチ分離のチャネルストップ拡散部分として用いられる超薄ドーブ領域を形成するのに特に有効である。更に、本発明の実施例は、含金属誘電（PMD）層、金属間誘電（IMD）層又は他の誘電層として用いられるドーブ誘電膜を堆積するために用いられる。本発明の他の実施例は、更に、浅いトレンチ分離充填酸化

物、絶縁層、キャッピング層又は他の層として用いられる非ドーブ誘電膜を堆積するために用いられる。

【0017】本発明の方法は、圧力が約10 torr～760 torrの真空チャンバ内で基板上にCVDによる誘電膜を堆積させる工程、及び該基板を約500℃より高い温度まで加熱する工程が含まれる。基板は、平坦化のために堆積誘電層のリフローを行うか又は堆積ドーブ誘電層からドーバントを入れるような種々の目的のために加熱される。プロセスは、一段ステップ（例えば、500℃より高い温度でウェハ上に膜を堆積及びリフローする）又は多段ステップ（500℃未満の温度でウェハ上に膜を堆積し、膜が堆積した後にウェハ上の膜を加熱する）で行われる。いずれの場合も、高温処理が真空チャンバからウェハを除去することなく行われ、誘電膜中の水分吸収を減少させることが有利である。高温処理は、また、キャッピング層を有するドーブ誘電膜のその場堆積を可能にしてドーブ膜からドーバントのガス抜きを減少しつつ含水量を低下させることが有利である。個々の実施例においては、反応性ガスが基板表面に送られ、熱誘

導化学反応が起こり誘電膜を生成する。更に又はもしくは、反応性ガスの分解を促進するために制御されたプラズマが生成される。

【0018】具体的な実施例においては、誘電膜は超薄接合部分のドーバント拡散源として用いられるドーブ薄膜である。該膜は、基板上に約500℃より高い温度で堆積し、更に高温、通常600℃より高い温度、好ましくは約700℃より高い温度まで加熱されて誘電層から下にある基板へ拡散する。同一チャンバ内で堆積及び加熱ステップを行うとドーブ誘電膜の厚さ、均一性及び含水量の良好な制御が得られる。膜の含水量を改善すると膜中の有効ドーバントの量が増加し、高集積デバイスの超薄接合部分を形成するのに特に有利である。

【0019】本発明の他の態様においては、リモートプラズマ系は真空チャンバ及び装置の構成成分の内壁の望まれていない堆積物をエッチングし、処理前の半導体ウェハから未変性酸化物及び他の残留物を洗浄する。リモートエネルギー源を用いる穏やかな洗浄法は、金属混入を低下させるために従来のその場プラズマ工程の代わりに用いられることが好ましい。例えば、リモートプラズマ系はリモートプラズマを供給し、好ましくはプラズマからのフッ素基が高温のチャンバに入ることができ、チャンバを穏やかに熱洗浄する。リモートプラズマ系においては、化学反応のみ用いられ、物理的スパッタリング作用の問題は排除される。対照的に、その場プラズマ系の使用においては、スパッタリング作用はアルミニウムチャンバ壁を攻撃し、処理したウェハ中の金属混入をまねく。リモートプラズマ系を用いる熱洗浄工程においては、チャンバ内に送られる遊離基はプラズマがチャンバと離れたままチャンバ内の表面からの望ましくない堆積物及び残留物を効果的に清浄することができる。リモートプラズマ系の他の利点は、シリコンウェハに有意な表面損傷を起こさずにドーブ誘電層から有効かつ均一なドーバント拡散を効果的に行わせるために未変性酸化物がウェハから効率よく除去されることである。リモートプラズマ系の利点は、更に、必要とされる異なる導入ガスを用いることにより膜を堆積させるための使用に系が配置されることである。

【0020】好適実施例においては、リモートプラズマ洗浄系は選定化学種（例えば、フッ素、塩素又は他の基）を生成し処理チャンバに送るために配置されたマイクロ波プラズマ系である。リモートプラズマ系は、マイクロ波放射によってガスにエネルギーを与えてエッチング基を有するプラズマを発生させる。詳しくは、マイクロ波はマグネトロン又は他の適切なエネルギー源によって生じ、プラズマが生成されるアプリケーション管へ導波管を介して送られる。次に、反応性ガスがアプリケーション管に送り込まれ、マイクロ波エネルギーによってエネルギーを与え、処理チャンバへの遊離基の流れをつくるために発火プラズマのイオン化を維持する。例えば、遊離基

はチャンバ壁につくられた残留物と相互作用して排気系によってチャンバから適切に排出される反応ガスを形成する。マイクロ波プラズマ系は、また、堆積反応性ガスを処理チャンバへ送ることによりプラズマ強化CVD膜を堆積させるために用いられる。

【0021】本発明の他の態様においては、リモートプラズマ系は、チャンバ洗浄が終了したときを示す終点検出系が含まれる。チャンバ内にプラズマがないと従来の終点検出系を用いて洗浄が完了したとき（即ち、チャンバ内の最後のプロセスガスが洗浄エッチング剤と反応してチャンバから排出されるとき）を正確に示すことは困難である。これは、従来の終点検出系が典型的にはその場プラズマからの放射をチェックして洗浄工程の終わりを求めるためにチャンバ内のプラズマの使用によるためである。本発明では、終点検出アセンブリは、SiF₄のような排気清浄ガス反応成分による光の吸光度のために生じる光の強さの変化を検出することにより洗浄工程の終点を求めるために処理チャンバのガス排出口に連結される。

【0022】本発明の他の態様においては、チャンバ壁の表面からフッ素のような吸着した清浄ガスをゲッタリングする方法が示される。本発明によれば、フッ素を含む第1洗浄ガスは堆積残留物の処理チャンバを清浄するために処理チャンバに導入される。次に、残留物が第1洗浄ガスで除去された後に第2洗浄ガスが処理チャンバに導入される。第2洗浄ガスは、第1洗浄ガスと処理チャンバの内部表面間の反応により生成された洗浄残留物を除去する。洗浄残留物をチャンバから除去又はゲッタリングすると多数の利点が生じる。例えば、本発明の好適実施例においては、フッ素基が処理チャンバに送られ、チャンバから排気されるシリコン-フッ素ガス生成物を形成することにより酸化シリコンのような残留物を除去する。フッ素によるチャンバ洗浄手順であるチャンバ壁の表面上の吸着フッ素が相互作用されるか又は取込まれた後、処理されるべき次のウェハ上の堆積膜がゲッタリングされる。別の実施例においては、ゲッタリングはマイクロ波生成原子酸素とシリコン源を用いてチャンバをシーズニングすることにより行われ、チャンバに酸化物の薄膜を堆積して吸着フッ素を捕捉しかつ続いて堆積した膜の汚染を防止する。

【0023】本発明は、また、高温処理用の種々の耐熱性及びプロセス適合性成分を提供する。本発明の系は処理チャンバを収容する封入アセンブリを有する蒸着装置が含まれる。装置は、ウェハを約500℃～800℃までの温度に加熱するベDESTAL/ヒータを有する加熱アセンブリが含まれる。ベDESTALは、プロセスガスとの反応及び少なくとも約400℃、好ましくは約500℃～800℃までの温度のプロセスガスによる堆積にかなり耐性のある材料を含んでいることが好ましい。更に、ベDESTALは、洗浄中にチャンバに導入されたフッ素基

による高温（即ち、500℃～800℃）でのエッチングにかなり耐性のある材料を含むことが好ましい。具体的な実施例においては、ベDESTAL/ヒータは、酸化アルミニウム又は好ましくは窒化アルミニウムのようなセラミック材料に埋込まれた抵抗加熱要素を含む。

【0024】本発明の加熱アセンブリは、更に、チャンバ内のベDESTAL/ヒータを支持しかつ必要な電気接続部分を収容する支持シャフトが含まれる。支持シャフトは、ベDESTAL/ヒータに拡散結合されるセラミック材料を含みシャフト内を真空密閉することが好ましい。その真空密閉は高温処理中に周囲温度及び周囲圧力でシャフトの中空内部を維持することを可能にし、チャンバ内のプロセスガス及びクリーンガスからの腐食から電極及び他の電気接続部分を保護する。更に、シャフト内の周囲圧力は、電源からシャフトの中空コアを介して電力リード又はシャフトの外壁へのアークを最少にする。

【0025】本発明の他の態様においては、チャンバ壁をヒータから絶縁するためにベDESTAL/ヒータの周りにチャンバライナーが設けられる。好ましくは、チャンバライナーは、高温及び堆積/清浄反応に耐性のあるセラミックのような材料を含む内部及びクラッキングに耐性のある材料を含む外部が含まれる。ライナーの内部は、チャンバ壁を絶縁して堆積膜の均一性に悪影響を及ぼすウェハ端部冷却作用を減じる。チャンバライナーの外部は、内部よりかなり厚くてウェハと壁間のギャップを塞ぎ、単一の相対的に厚いセラミックライナーで生じるクラッキングを最少にする。具体的な実施例においては、ライナーの外部はライナーによって設けられた絶縁を高めるエアギャップが含まれる。

【0026】本発明の更なる態様においては、封入アセンブリとしてリッドアセンブリが設けられる。リッドアセンブリは、プロセスガス及びクリーンガスを入れかつそれらのガスをチャンバへ送る1以上のクリーンガス通路及び1以上のプロセスガス通路に連結されたガス混合ブロック（又はボックス）が含まれる。ガスをガス混合ブロックまで選択的に流動させるためにクリーンガス通路にもプロセスガス通路にも1以上のバルブが設けられる。その実施例は、装置の処理と洗浄間を速やかに及び効率よくスイッチすることができることにより本発明のその場洗浄法を促進し、系のスループットが高められる。

【0027】具体的な実施例においては、リッドアセンブリは、1種以上のガスを入れるガス導入口を有するベースプレート及びガスを処理チャンバへ分散させる複数の孔を含むガス分配プレートが含まれる。リッドアセンブリは、ガス分配孔より流体フローに抵抗の少ないベースプレートに1以上のバイパス通路が含まれる。洗浄中、例えば、洗浄ガスの少なくとも一部はバイパス通路を介して直接チャンバへ通過して洗浄プロセスの速度を上げ、チャンバのダウン時間を短縮する。装置は、ガス

分配孔を介してガスフローを制御するためにバイパス通路を部分的に又は完全に密閉するバルブ及びコントローラのような制御系が含まれる。

【0028】本発明のこれらの及び他の実施例及びその利点及び特徴は、下記の本文及び添付の図面と共に詳細に述べられる。

【0029】個々の実施例の詳細な説明

1. CVDリアクタ系

A. CVDリアクタの概要

本発明の実施例は、約500℃より高い温度で誘電膜を堆積するために用いられるシステム、方法及び装置である。特に、かかるシステム、方法及び装置は、非ドーブ誘電膜及びドーブ誘電膜を堆積するために用いられる。かかる膜は、超薄ドーブ領域、含金属誘電層、金属間誘電層、キャッピング層、酸化物充填層又は他の層を形成するために用いられる。図1は、個々の実施例のCVD装置10の1実施例の縦断面図である。誘電層を堆積することができるほかに、本発明の装置は、平坦化のために堆積ドーブ誘電層のリフローを行うか又は超薄ドーブ領域を形成する場合に堆積ドーブ誘電層からのドーバントを入れるのに有用な高温加熱能力を有する。更に、該装置は種々のCVDチャンバ成分を効率よく洗浄しかつウェハ表面を洗浄することができる。CVD装置10は、単一真空チャンバ15において多数の能力をその場で備えている。従って、多段工程は、そのチャンバから他の外部のチャンバへ移すことなく単一チャンバで行われる。これにより、周囲空気から水分を吸収する機会を排除してウェハ上の低含水量が得られ、有利には堆積誘電層でのドーバント保持が高められる。更に、単一チャンバ内で多段工程を行うと時間が節約され、工程のスループット全体が高められる。

【0030】図1に関して、CVD装置10は、ガス反応領域16を有する真空チャンバ15を収容する封入アセンブリ200が含まれる。ガス分配プレート20は、縦可動ヒータ25（ウェハ支持ベDESTAL又はサスセブタとも呼ばれる）に載っているプレート20を貫通した孔を通してウェハ（図示されていない）に反応性ガスを分散するガス反応領域16の上に設けられる。CVD装置10は、ヒータ25に支持されたウェハを加熱するヒータ/リフトアセンブリ30が含まれる。ヒータ/リフトアセンブリ30は、図1に示されるように下のローディング/オフローディング位置とプレート20に密接に隣接する点線13によって示された上の処理位置間で制御可能に移動させることができる。センタボード（図示されていない）は、ウェハの位置の情報を与えるセンサが含まれる。下で詳細に述べられるヒータ25は、セラミック、好ましくは窒化アルミニウムに封入された抵抗加熱成分が含まれる。具体的な実施例においては、真空チャンバに曝露されるヒータ25の全表面が酸化アルミニウム（Al₂O₃又はアルミナ）又は窒化アルミニウ

ムのようなセラミック材料でできている。ヒータ25とウェハが処理位置13にある場合には、装置10の内壁17に沿ったチャンバライナー35、及びチャンバライナー35とチャンバ15の上部によって形成される環状ポンプチャネル40によって囲まれている。下で詳細に述べられるチャンバライナー35の表面は、アルミナ又は窒化アルミニウムのようなセラミック材料を含み、抵抗加熱ヒータ25（高温）と、ヒータ25に対して非常に低い温度であるチャンバ壁17間の温度勾配を低くするために働く。

【0031】反応性及びキャリアガスは、供給ライン43を介してガス混合ボックス（又はガス混合ブロック）273（図9）に供給され、好ましくは一緒に混合されてプレート20に送られる。ガス混合ボックス273は、プロセスガス供給ライン43及び洗浄ガス導管47に連結されたデュアルインプット混合ブロックであることが好ましい。下で詳細に述べられるように、プロセス50は、ゲートバルブ280（図9）を制御可能に操作して2つの交互ガス源のどちらをチャンバ15へ分散するプレート20に送るかを選ぶことが好ましい。導管47は、入力ガスが入る入口57を有する積分リモートマイクロ波プラズマ系55からのガスが入る。堆積処理中、プレート20に供給されたガスはウェハ表面（矢印21で示されている）に送られ、ウェハ表面に放射状に、典型的には層流で均一に分配される。バージガスは、封入アセンブリ200の下壁を介して入口又は管（図示されていない）からチャンバ15へ送られる。バージガスは、ヒータ25を通して上方に及び環状ポンプチャネル40へ流れる。次に、排気系は、ガス（矢印22で示されている）を環状ポンプチャネル40へ真空ポンプ系（図示されていない）により排気ライン60まで排気する。排気ガス及び残留物は、環状ポンプチャネル40から排気ライン60までスロットルバルブ系63により制御された速度で放出されることが好ましい。

【0032】代表的な実施例においては、CVD装置10で行われる化学気相成長プロセスは、たいいてい大気圧未満CVD（SACVD）とも言われる大気圧未満の熱プロセスである。前に述べたように、熱CVDプロセスは基板表面に反応性ガスを供給し、そこで熱誘導化学反応（均一又は不均一）が起こって所望の膜を製造する。CVD装置10では、熱は下で詳細に述べられる抵抗加熱ヒータ25によって分配され、約400～800℃程度の温度に達することができる。かかる熱分配は、チャンバ15内でのその場多段工程の堆積、リフロー及び又はドライブイン、洗浄、及び/又はシーズニング/ゲッタリングステップを行うウェハの均一な急速加熱を与える。また、制御プラズマは、RF電源（図示されていない）からガス分配プレート20に印加されたRFエネルギーによってウェハに隣接して生成される。低RF電極の実施例においては、RF電源は、プロセスチャンバ

15に導入された反応性化学種の分解を高めるために単一周波数のRF電力をプレート20に供給するか或いは混合周波数のRF電力をプレート20と低RF電極に供給することができる。プラズマ処理では、蒸着装置10の成分は後述されるようにRFエネルギーを収容するために修正されなければならないものがある。

【0033】CVD装置10に積分して供給されるリモートマイクロ波プラズマ系55は、壁17及び他の成分を含むチャンバ15の種々の成分から望まれていない堆積残留物の定期的洗浄を行うために用いられることが好ましい。更に、リモートマイクロ波プラズマ系は、所望の用途に基づいてウェハの表面から未変性酸化物又は残留物を洗浄又はエッチングすることができる。ライン57を介してプラズマ系55へ導入するガスはフッ素、塩素又は他の基を供給するためにプラズマを生成する洗浄反応性ガスであるが、リモートマイクロ波プラズマ系55は堆積反応性ガスを入力ライン57を介して系55に導入することによりプラズマ強化CVD膜を堆積するために用いられる。通常、リモートマイクロ波プラズマ系55は入力ライン57を介してガスを入れ、マイクロ波放射によりエネルギーを与えてエッチング基を含むプラズマを生成し、プレート20を通して分散する導管47を介してチャンバ15に送られる。プラズマ系55の個々の詳細は後述される。装置10のある実施例は、その場プラズマ能力を与える無線周波数(RF)プラズマ系が含まれる。

【0034】スロットバルブ系63及びヒータ25のような機械的可動アセンブリの位置を移動及び決定するためにモータ及び光学センサ(図示されていない)が用いられる。ヒータ/リフトアセンブリ30、モータ、ゲートバルブ280、スロットバルブ系63、リモートマイクロ波プラズマ系55及び他のシステム成分は、制御ライン65の上のプロセッサ50により制御され、少しだけ図示されている。

【0035】プロセッサ50は、CVDマシンのアクティビティの全てを制御する。システムコントローラとして作用するとプロセッサ50が、プロセッサ50に連結されたメモリ70に記憶されたコンピュータプログラムであるシステムコントローラソフトウェアを実行する。好ましくは、メモリ70はハードディスクドライブであるが他の種類のメモリであってもよいことは当然のことである。ハードディスクドライブ(例えば、メモリ70)のほかに、好適実施例におけるCVD装置はフロッピーディスクドライブ及びカードラックが含まれる。プロセッサ50は、システム制御ソフトウェアの制御下で作動させ、時間、ガスの混合、チャンバ圧、チャンバ温度、マイクロ波電力レベル、サスセプタ配置及び個々のプロセスの他のパラメーターを指示する命令セットが含まれる。フロッピーディスク又はディスクドライブ又は他の適切なドライブに挿入された他のコンピュータプロ

グラム製品等を含む他のメモリに記憶されたもののような他のコンピュータプログラムもプロセッサ50を作動させるために用いられる。システム制御ソフトウェアは、下で詳細に述べられる。カードラックは、シングルボードコンピュータ、アナログ及びデジタル入力/出力ボード、インターフェースボード及びステッパモータコントローラボードを含む。CVD装置10の種々の部分は、Versa Modular European(VME)標準に適合し、ボード、カードケージ、及びコンネクタディメンション及びタイプが規格されている。VME標準は、また、16ビットデータバス及び24ビットアドレスバスを有するバス構造を規格している。

【0036】ユーザとプロセッサ50間のインターフェースは、マルチチャンバ系のチャンバの1つとして示されるシステムモニタ及びCVD装置10の簡易線図である図2に示されるCRTモニタ73a及びライトペン73bを経由する。CVD装置10は、装置10の電気的配管及び他の支持機能を含み備えるメインフレームユニット75に取り付けられることが好ましい。CVD装置10の例示実施例と適合する具体的なメインフレームユニットは、カリフォルニア州サンタクララのApplied Materials社から Precision 5000(登録商標)及び Centura 5200(登録商標)系として現在市販されている。マルチチャンバ系は、真空を破壊することなく及びウェハをマルチチャンバ系の外部で水分又は他の不純物に曝露しなければならないことなくチャンバ間のウェハを移す能力がある。マルチチャンバ系の利点は、マルチチャンバ系の異なるチャンバが全プロセスにおいて異なる目的に用いられることである。例えば、1つのチャンバは酸化物の堆積に用いられ、他のものは急速熱処理に用いられ、別のものは酸化物洗浄に用いられる。プロセスは、マルチチャンバ系内を中断せずに進行することができ、プロセスの異なる部分について種々の別個のチャンバ(マルチチャンバ系でない)間でウェハを移す場合にたいして生じるウェハの汚染を防止する。

【0037】好適実施例においては、2つのモニタ73aが用いられ、1つはオペレータのクリーンルーム壁に取り付けられ、もう1つは修理技術者の壁の後ろに取り付けられる。両モニタ73aは、同時に同じ情報を示すが、ライトペンは1本のみ可能である。ライトペン73aは、ペンの先端の光センサでCRTディスプレイによって放出された光を検出する。個々のスクリーン又は機能を選定するために、オペレータはディスプレイスクリーンの指定区域に触れ、ペン73bでボタンを押す。触れた区域は、強調した色を変えるか又は新しいメニュー又はスクリーンが表示され、ライトペンとディスプレイスクリーン間の通信を確認する。ユーザがプロセッサ50と通信することを可能にするためにライトペン73bの代わりに又は加えてキーボード、マウス又は他の指定又は通信デバイスのような他のデバイスが用いられる

ことは当然のことである。

【0038】図3は、クリーンルームに位置するガス供給パネル80に関するCVD装置10の概略図である。上述したCVD装置10は、ヒータ25を有するチャンバ15、供給ライン43からの入力及び導管47を有するガス混合ボックス273、及び入力ライン57を有するリモートマイクロ波プラズマ系55が含まれる。上述したガス混合ボックス273は、堆積ガスとクリーンガス又は他のガスを導入管43を介して処理チャンバ15に混合及び注入するためである。図3に見られるように、リモートマイクロ波プラズマ系55はチャンバ15の下に積分して位置し、導管47がチャンバ15の上に位置するゲートバルブ280とガス混合ボックス273までチャンバ15の横側を上がる。同様に、チャンバ15の横側をガス混合ボックス273まで上がるガス供給ライン43は、反応性ガスをガス供給パネル80からライン83及び85を介して供給する。ガス供給パネル80は、個々の用途に用いられる所望プロセスによって異なってもよいガス又は液体を含むガス又は液体供給源90へのラインが含まれる。ガス供給パネル80は混合系93を有し、供給ライン43へのライン85を介してガス混合ボックス273へ混合及び輸送するための供給源90からの堆積プロセスガス及びキャリアガス（又は気化液体）を入れる。通常、プロセスガスの各々の供給ラインは、(i)ライン85又はライン57へのプロセスガス流を自動又は手動で止めるために用いられるシャットオフバルブ95、及び(ii)供給ラインを介してガス又は液体流を測定するマスフローコントローラ100が含まれる。毒性ガス（例えば、オゾン及びクリーンガス）がプロセスに用いられる場合、数個のシャットアウトバルブ95が従来の配置で各ガス供給ラインに配置される。テトラエチルオルトシラン（TEOS）、ヘリウム（He）及び窒素（N₂）及び場合によってはリン酸トリエチル（TEPO）、ホウ酸トリエチル（TEB）及び／又は他のドーパント源を含む堆積ガス及びキャリアガスがガス混合系93に供給される速度は、液体又はガスマスフローコントローラ（MFC）（図示されていない）及び／又はバルブ（図示されていない）によって制御される。ある実施例においては、ガス混合系93はTEOS及びTEPOのような反応成分液を気化させる液体注入系が含まれる。それらの実施例によれば、リン源としてTEPO、シリコン源としてTEOS及び酸素（O₂）又はオゾン（O₃）のような1種以上のガス酸素源を含む混合物がガス混合系93で生成される。TEPO及びTEOSは全て液体源であり、他の実施例においては従来のボイラ型又はバブラ型ホットボックスにより気化される。液体注入系は、ガス混合系に導入される反応成分液の容量をかなり制御するので好ましい。次に、気化させたガスをヘリウムのようなキャリアガスとガス混合系で混合した後、加熱ライン85に供給する。ドーパ

ント、シリコン及び酸素の他の供給源も用いられることが認識されることは当然のことである。

【0039】更に、ガス供給パネル80は、スイッチングバルブ95が含まれ、プロセッサ50の制御下でクリーンガスをN₂と共にプロセスガスライン83に沿ってガス供給ライン43へ又はクリーンガスライン57に沿ってリモートマイクロ波プラズマ系55に選択的に輸送することができる。プロセッサ50がスイッチングバルブ95にクリーンガスをN₂と共に入力ライン57を介してプラズマ系55に輸送させる場合、マイクロ波エネルギーを加えるためにチャンバ15からのプラズマリモートが生じ、ガス導管47に移すために洗浄遊離基が生じる。プロセッサ50は、また、他のバルブ96にライン83を介してガス供給ライン43に輸送させかつ堆積ガス及びキャリアガスをガス混合系93から加熱ライン85を介してガス供給ライン43へ輸送させることができる。他の実施例においては、バルブ95はライン97へのみの出力で接続され、クリーンガス及びN₂をライン97を通してスイッチングバルブ105（図示されていない）へ選択的に通過させる。入口57とリモート系55に近い点に位置するので、それらの実施例におけるスイッチングバルブ105はリモートマイクロ波系55への入口57及び入口43に至るライン83に接続される。個々の実施例においては、ゲートバルブ280はシステムソフトウェアコンピュータプログラムからの命令でプロセッサ50により制御されてクリーンガスか或いはチャンバ15へ流れる堆積ガスか選定する。

【0040】マイクロ波電源110とオゾン発生器115は、装置10のチャンバ15が位置するクリーンルームから離れて位置する。電源110は、リモートプラズマ系55のマグネトロンに電力を与える。オゾン発生器115は入力として用いられる酸素（O₂）に電力を加えて供給源の少なくとも1つとして有用な出力としてオゾン（O₃）を生じる。他の実施例においては、電源110及びオゾン発生器115は遠くに位置するよりクリーンルームに位置することができる。更に、複数のオゾン源及び／又は複数のリモートマイクロ波プラズマ系55を必要とするマルチチャンバ系では、複数のオゾン発生器115及び複数の電源110が設けられる。

【0041】膜を堆積し、清浄を行いつリフロー又はドライインステップを行うプロセスは、プロセッサ50によって実行されるコンピュータプログラム製品を用いて実施される。コンピュータプログラムコードは、68000アセンブリ言語、C、C++、パスカ、フォートラン又は他の言語のような従来のコンピュータ判読プログラミング言語に書かれている。適切なプログラムコードは、従来のテキスト編集プログラムを用いてシングルファイル又はマルチファイルに記入され、コンピュータのメモリシステムのようなコンピュータ用の媒体に記憶又は収録される。記入コードテキストが高水準言語

である場合には、コードはコンパイルされ、得られたコンパイラコードは、次に、予めコンパイルされたウィンドウライブラリールーチンのオブジェクトコードとリンクされる。リンクコンパイルオブジェクトコードを実行するために、システムユーザはオブジェクトコードを呼び出し、コンピュータシステムにメモリ内のコードをロードさせ、CUPがコードを読み取り実行してプログラムに一致したタスクが行われる。

【0042】図4は、個々の実施例によるシステム制御ソフトウェア、コンピュータプログラム150の階層制御構造の説明的ブロック図である。ライトペンインターフェースを用いて、ユーザはプロセスセットナンバとプロセスチャンパナンバをプロセスセクタサブルーチン153にCRTモニタに表示されるメニュー又はスクリーンに回答して記入する。指定されたプロセスを行うのに必要な所定のプロセスパラメーターセットであるプロセスセットは、定義済みセットナンバによって確認される。プロセスセクタサブルーチン153は、(i) 所望のプロセスチャンパ及び(ii) 所望のプロセスを行うプロセスチャンパを作動させるのに必要とされる所望のプロセスパラメーターセットを識別する。個々のプロセスを行うプロセスパラメーターは、プロセスガス組成及び流速のようなプロセス条件、温度、圧力、マグネトロン電力レベル(及びRFプラズマ系を備えた実施例については高周波数及び低周波数RF電力レベルに代わるか又は加える)のようなプラズマ条件、冷却ガス圧、及びチャンパ壁温度に関する。プロセスセクタサブルーチン153は、チャンパ15内で特定の時間で行われるプロセスの種類(堆積、ウェハ洗浄、チャンパ洗浄、チャンパゲッタリング、リフローイング)を制御する。ある実施例においては、1以上のプロセスセクタサブルーチンとすることができ、プロセスパラメーターは、レシピの形でユーザに示され、ライトペン/CRTモニタインターフェースを用いて記入される。

【0043】プロセスをモニタする信号は、システムコントローラのアナログ入力ボード及びデジタル入力ボードによって与えられ、プロセスを制御する信号は、CVD系10のアナログ出力ボード及びデジタル出力ボードで出力される。

【0044】プロセスシーケンササブルーチン155は、同定したプロセスチャンパ及びプロセスセクタサブルーチン153からのプロセスパラメーターセットを受け入れかつ種々のプロセスチャンパの作動を制御するプログラムコードを含んでいる。複数のユーザがプロセスセットナンバ及びプロセスチャンパナンバを記入することができ或いは一人のユーザが複数のプロセスセットナンバ及びプロセスチャンパナンバを記入することができるので、シーケンササブルーチン155は所望の配列で選定されたプロセスをスケジュールするように作動させる。好ましくは、シーケンササブルーチン155は、

(i) チャンパが用いられる場合には決定するためにプロセスチャンパの操作をモニタするステップ、(ii) 用いられるチャンパ内で行われるプロセスを決定するステップ、及び(iii) プロセスチャンパの利用可能性及び行われるプロセスの種類に基づいて所望プロセスを実行するステップを行うプログラムコードが含まれる。ポーリングのようなプロセスチャンパをモニタする従来の方法が用いられる。実行されるべきプロセスをスケジュールする場合、シーケンササブルーチン155は選定プロセスの所望のプロセス条件と比べて用いられるプロセスチャンパの現在の条件、又は各々のユーザが記入したリクエストの「年齢」、又はシステムプログラマーがスケジュールプライオリティを決定することを含むことを所望する他の適切な要因を考慮するように設計される。

【0045】シーケンササブルーチン155が、プロセスチャンパとプロセスセットの組み合わせが次に実行しようとすることを一旦決定すると、シーケンササブルーチン155は、個々のプロセスセットパラメーターをシーケンササブルーチン155によって決定されたプロセスセットに従ってプロセスチャンパ15での複数の処理タスクを制御するチャンパマネージャサブルーチン157a~cに移ることによりプロセスセットの実行を開始する。例えば、チャンパマネージャ157aはプロセスチャンパ15内でのCVD及び洗浄プロセス操作を制御するプログラムコードを含んでいる。チャンパマネージャサブルーチン157は、また、選定プロセスセットを実施するのに必要なチャンパ成分の操作を制御する種々のチャンパ成分サブルーチンの実行を制御する。チャンパ成分サブルーチンの例は、基板配置サブルーチン160、プロセスガス制御サブルーチン163、圧力制御サブルーチン165、ヒータ制御サブルーチン167、プラズマ制御サブルーチン170、終点検出制御サブルーチン159及びゲッタリング制御サブルーチン169である。CVDチャンパの個々の配置に基づいて、ある実施例は上記サブルーチンを全部含み、他の実施例はいくつかのサブルーチンのみ含まれる。当業者は、プロセスチャンパ15内で行われるプロセスに基づいて他のチャンパ制御サブルーチンが含まれることを容易に認識する。操作上、チャンパマネージャサブルーチン157aは実行される個々のプロセスに従ってプロセス成分サブルーチンを選択的にスケジュールするか又は呼び出す。チャンパマネージャサブルーチン157aは、シーケンササブルーチン155がプロセスチャンパ15及びプロセスセットが次に実行することをスケジュールするようにプロセス成分サブルーチンをスケジュールする。典型的には、チャンパマネージャサブルーチン157aは、種々のチャンパ成分をモニタするステップ、実行されるプロセスセットのプロセスパラメーターに基づいて成分が作動するのに必要とすることを決定するス

テップ、及びモニタステップ及び決定ステップに応答するチャンバ成分サブルーチンの実行を開始するステップが含まれる。

【0046】ここで、個々のチャンバ成分サブルーチンの操作を図4について記載する。基板配置サブルーチン160は、基板をヒータ25に装填するために及び場合によっては基板をチャンバ15内で所望の高さに上げて基板とガス分配マニホールド20間の間隔を制御するために用いられるチャンバ成分を制御するプログラムコードを含む。基板がプロセスチャンバ15に装填される場合、ヒータ25は基板を入れるために低下し、次に、所望の高さに上昇する。操作上、基板配置サブルーチン160は、チャンバマネージャサブルーチン157aから移される支持体の高さに関係したプロセスセットパラメータにตอบสนองしてヒータ25の運動を制御する。

【0047】プロセスガス制御サブルーチン163は、プロセスガス組成及び流速を制御するプログラムコードを有する。プロセスガス制御サブルーチン163は、シャットオフ安全バルブの開/閉位置を制御し、マスフローコントローラを上/下に傾斜して所望のガスフロー速度を得る。プロセスガス制御サブルーチン163は、全てのチャンバ成分サブルーチンであるチャンバマネージャサブルーチン157aによって呼びかけられ、チャンバマネージャからの所望のガスフロー速度に関係したサブルーチンプロセスパラメータを取り返す。典型的には、プロセスガス制御サブルーチン163は、ガス供給ラインを開放し、(i)必要なマスフローコントローラを読み取る、(ii)読み取りをチャンバマネージャサブルーチン157aから受信した所望の流速と比較する、及び(iii)必要なガス供給ラインの流速を調整することを繰り返すことにより作動させる。更に、プロセスガス制御サブルーチン163は、安全でない速度のガスフロー速度をモニタするステップ、及び安全でない条件が検出される場合にシャットアウト安全バルブを活性化するステップが含まれる。プロセスガス制御サブルーチン163は、また、選定される所望プロセス(清浄又は堆積等)に基づいてクリーンガス及び堆積ガスのガス組成及び流速を制御する。代替の実施例は、1を超えるプロセスガス制御サブルーチン613を有し、各サブルーチン613は個々のプロセスタイプ又は個々のガスラインセットを制御する。

【0048】あるプロセスでは、反応性プロセスガスが導入される前にチャンバ内の圧力を安定化するために窒素又はアルゴンのような不活性ガスをチャンバ15に流し込む。そのプロセスの場合、プロセスガス制御サブルーチン163は、チャンバ内の圧力を安定化するのに必要な時間不活性ガスをチャンバ15へ流し込むステップが含まれ、次に、上記ステップが行われる。更に、プロセスガスが液体前駆物質、TEOSから気化される場合、プロセスガス制御サブルーチン163はバブラアセ

ンプリ内で液体前駆物質にヘリウムのような供給ガスを泡立てるステップ、又は液体注入系にヘリウムのようなキャリアガスを導入するステップを含むように書き込まれる。この種のプロセスにバブラが用いられる場合、所望のプロセスガスフロー速度を得るためにプロセスガス制御サブルーチン163は供給ガス流、バブラ内の圧力及びバブラ温度を調整する。上述したように、所望のプロセスガスフロー速度はプロセスパラメータとしてプロセスガス制御サブルーチン163に移される。更に、プロセスガス制御サブルーチン163は、一定のプロセスガスフロー速度の必要値を含む蓄積表をアクセスすることにより所望のプロセスガスフロー速度に必要な供給ガス流速、バブラ圧力及びバブラ温度が含まれる。必要値が一旦得られると、供給ガスフロー速度、バブラ圧力及びバブラ温度が必要値と比べてモニタされ、それに応じて調整される。

【0049】圧力制御サブルーチン165は、チャンバの排気系のスロットルバルブのオーバーチャージを調整することによりチャンバ15内の圧力を制御するプログラムコードを含む。スロットルバルブのオーバーチャージは、全プロセスガスフロー、プロセスチャンバのサイズ及び排気系のポンプの設定値圧力に関して所望レベルでチャンバ圧力を制御するように設定される。圧力制御サブルーチン165が呼びかけられる場合、所望の又は目標圧力レベルがチャンバマネージャサブルーチン157aからパラメータとして取り返される。圧力制御サブルーチン165は、チャンバに接続された1以上の慣用の圧力ナノメータを読み取ることによりチャンバ15内の圧力を測定し、測定圧力を目標圧力と比較し、蓄積圧力表から目標圧力に対応するPID(比例、積分及び微分)値を得、圧力表から得られたPID値に従ってスロットルバルブを調整する。また、圧力制御サブルーチン165は、チャンバ15内の圧力を所望レベルに調整するためにスロットルバルブを個々のオーバーチャージに開放又は閉鎖するように書き込まれる。

【0050】ヒータ制御サブルーチン167は、ヒータ25(及び基板)を耐熱するために用いられるヒータ要素473の温度を制御するプログラムコードを含む。図5に関して、チャンバマネージャサブルーチン157aによって呼びかけられるヒータ制御サブルーチン167は、入力として所望の目標/設定点温度パラメータ、 T_{des} を取り返す(ステップ580)。ステップ582では、ヒータ制御サブルーチン167は、ヒータ25に位置する熱電対の電圧出力を測定することによりヒータ25の現在の温度を測定する。現在の温度は $T(k)$ を示し、 k はヒータ制御サブルーチン167の現在の時間ステップである。コントローラは、蓄積変換表の対応温度を捜すか又は4次多項式を用いて温度を算出することにより熱電対電圧から温度 $T(k)$ を得る。具体的な実施例においては、ステップ584のヒータ制御

サブルーチン167は温度誤差を算出する。 E_{rrtemp} と示される温度誤差は、式 $E_{rrtemp}(k) = T_{des} - T(k)$ で求められる。

【0051】ステップ584では、ヒータ制御サブルーチン167は $E_{rrtemp}(k)$ の絶対値に基づいて2つの制御アルゴリズムの1つを選定する。温度誤差の絶対値が所定のバウンダリ誤差より小さい場合には、ヒータ制御サブルーチンは、温度調整アルゴリズムを選定する(ステップ586及び588)。そのアルゴリズムは、温度を所望温度、 T_{des} に正確に制御する。温度誤差の絶対値がバウンダリ誤差より大きい場合には、ヒータ制御サブルーチン167は温度ランプ制御アルゴリズムを選定する(ステップ590)。そのアルゴリズムは、ヒータ温度が所望温度、 T_{des} に近づく速度を制御する。即ち、温度が変化する速度を制御する。

【0052】温度調整アルゴリズム(ステップ586及び588)は、できるだけ T_{des} に近い現在の温度、 $T(k)$ を維持するようにヒータ25に埋め込まれた加熱要素に供給される電力を新しくするためにフィードバック及びフィードフォワード制御を用いる。そのアルゴリズムでのフィードフォワード制御は、チャンバに供給されたガスフロー及びRF電力の量と種類を与える所望温度を維持するのに必要な電力量を算定する。フィードバック制御は、温度誤差 $E_{rrtemp}(k)$ の動的挙動に基づいて算出したフィードフォワードを調整するために標準比例-積分-微分(PID)対照項を用いる。PID対照は、温度誤差の値に関係なく従来のヒータ制御系で用いられる種類のアルゴリズムである。それらのルーチンが温度ランプレートを制御することを求める場合には、時間の異なる $T_{des}(k)$ を定義し、上記PIDコントローラを用いてその所望の温度飛翔経路を追跡する。

【0053】本発明では、温度誤差の絶対値がバウンダリ誤差より大きい場合にヒータ25への電力を制御するために温度ランプ制御アルゴリズム(ステップ590)を用いることが好ましい。そのアルゴリズムは、時間ステップ k における温度の変化速度である $T'(k)$ を制御する。ヒータ25がセラミック材料でできていることから温度変化速度は制御されなければならない、温度が急速に変化しすぎる場合には熱ショックから破壊することがある。ランプ制御アルゴリズムは、 $T'(k)$ を所定の所望ランプレート関数、 $T'_{des}(T)$ に制御するためにフィードフォワード及び比例フィードバック対照を用いる。所望のランプレートは、主にヒータの温度関数であり、さまざまな温度におけるヒータ25の熱ショック耐性に基づく。従って、所望のランプレートはヒータの現在の測定温度に基づいて連続して変化することができ、個々のプロセスの温度の範囲内で熱ショックを避けるのに十分に低い最低速度に基づいて一定に設定されることもある。対照アルゴリズムは、系応答を弱めるため

にヒータに供給される電力変化速度に関する飽和関数を用いる。

【0054】時限温度飛しょうを最もよい状態で追跡することによりランプレートを調節することを試みるコントローラは、所望温度、 $T'_{des}(K)$ が将来のある時間 K で達成されることを保証するだけである。長さ K の時間にわたる平均ランプレートは T'_{des} である。しかしながら、温度 $T'(k)$ の瞬間変化速度はその間隔では広く異なる。 K 未満のある間隔で温度を安定なままにする妨害を考慮されたい。次に、コントローラは所望の飛しょう $T'_{des}(k)$ にできる限り「追いつく」ことを試みる。コントローラが追いつく時間のランプレートは、 T'_{des} より大きくなる。そのシナリオにより熱ショック破壊が生じる。直接ランプレートを制御することにより、本発明はその潜在的シナリオを避けるものである。

【0055】図5に関して、具体的なランプ制御アルゴリズムをここに述べる。所望温度、 T_{des} を入力した後(ステップ580)、現在温度 $T(k)$ を測定し(ステップ582)、温度誤差を求め(ステップ584)、数値微分法を用いてランプ制御アルゴリズムが実際のランプレート $T'(k)$ を算出する。また、 $T(k)$ の現在値に基づいて所望ランプレート $T'_{des}(T(k))$ 及びランプレートの誤差 $E_{rrrrate} = T'_{des}(T(k)) - T'(k)$ を求める(ステップ592及び594)。実際のランプレート $T'(k)$ は温度測定試料の範囲にわたる測定温度 $T(k)$ から算出される。通常、 $T'_{des}(T(k))$ は種々の実施例において温度の連続関数であることができる。個々の実施例においては、 $T'_{des}(T(k))$ は所定の一定値であるように設定される。算出ランプレート $T'(k)$ は、所定の試料速度(例えば、個々の実施例においては新しい電力時間の10倍、1秒)で温度を取る(即ち、測定する)ことにより求められる。次に、10試料の平均を算出し、前の10試料の平均と比較する。次に、最初の10測定温度と前の10測定温度間の差を新しい電力時間で割り平均測定温度を得る。次に、平均測定温度の微分を算出して算出ランプレート $T'(k)$ に達する。次に、ランプレート誤差 $E_{rrrrate}$ を、個々の実施例における一定値 $T'_{des}(T(k))$ と算出ランプレート $T'(k)$ 間の差を取ることににより求められる。上記実施例は、用いられる数値微分法の例であるが、より複雑にする他の手法も他の実施例において用いられる。他の実施例においては、他の試料速度が用いられる。

【0056】ステップ596を詳しく述べるために、個々の実施例に用いられる具体的な制御関数は次式で示される。

【0057】 $P(k+1) = P_{model}[T(k), T'_{des}(T(k))] + K_p * [T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$

式中、 k は現在の時間ステップであり $k+1$ は次の時間

ステップである。P(k+1)は次の時間ステップでヒータに供給される電力である。所望ランプレートと測定温度の関数である $P_{model}[T(k), T'_{des}(T(k))]$ はT(k)において $T'_{des}(T(k))$ のランプレートを与えるのに必要なモデル近似値である。Kpは、ユーザが定義しランプレート誤差 ErrRRate で乗じる制御ゲイン定数 (ワット / (°C/秒)) である。個々の実施例においては、 $P_{model}[T(k), T'_{des}(T(k))]$ はP(k)に近似することができる。その近似は、本発明の熱量の大きい抵抗ヒータのようなスロー系について特に言えることである。次に、制御関数は次式で近似する。

【0058】

$$P(k+1) = P(k) + K_p * [T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$$

$$P(k+1) - P(k) = K_p * [T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$$

ヒータの応答が緩慢であるために、電力が調整される時間と調整が所望の結果を生じる時間の間にずれがある。例えば、ヒータの温度が安定でありかつ所望のランプレートが正である場合には制御はヒータへの電力を増加させる。しかしながら、温度は所望ランプレートに従ってすぐに上がらない。制御は、次に時間ステップで電力を増加させる。所望ランプレートが満たされるまで電力を増加させ続ける。しかしながら、その時間によって、供給電力は所望ランプレートを維持するのに必要とされる電力より非常に大きくなる。ランプレートは所望値を超えて増加し続ける。それがオーバーシュートを呼ぶ。コントローラは電力を低下させることにより反応し、徐々にランプレートが低下する。コントローラは、また、ヒータより速く作用するので、電力を低下させすぎ、ランプレートは所望値を超えて低下する。それは振幅である。時間がたつにつれて振幅の程度が減少し、ランプレートは一定の定常値に達する。実在の系は全て小さな妨害を受けるために小さな定常誤差がある。

【0059】Kp値は、オーバーシュート及び定常誤差の大きさを決定する。Kpが大きい場合には、系は振動するが定常誤差は小さい。Kpが小さい場合には、反対が言える。典型的には、Kpは微分制御が系の応答を弱めるために、即ち、オーバーシュート及び振幅を減少させるために用いられるために大きくすることができる。定常誤差は積分制御を用いることにより減少するが、これによりオーバーシュートと振幅を高める傾向にし、好ましくはその制御アルゴリズムで避けられる。その場合、微分制御は利用できない。温度の第2微分を数字で計算することが必要である。熱電対信号のSN比が小さいために、第2微分は信頼して算出されない。従って、本発明は、系の応答を弱める微分制御の代わりに定常誤差及び飽和関数を減少させるために大きなKpを用いる。飽和関数は、Kpがランプレート誤差、ErrRRateに逆比例するようにゲインKpを効果的にスケジュールする。系応答の過渡部分で誤差が大きいかつオーバー

シュートが生じる場合、有効ゲインは小さい。定常状態では、誤差は小さいので有効Kpは大きい。

【0060】系応答を弱めるために用いられる具体的な飽和関数は、次の等式で示される(ステップ598)。それらの等式についてP(k+1)は上で示した制御式によって定義された電力を意味する。P1(k+1)はヒータに供給された実際の電力である。P'maxは、1つの時間ステップから次への供給電力の所定の最大許容変化である。具体的な飽和関数は次の通りである。

10 【0061】 | P(k+1)-P(k) | > P'max ならば、
P(k+1) > P(k)の場合 P1(k+1) = P(k) - P'max
及び P(k+1) < P(k)の場合 P1(k+1) = P(k) - P'max
または P1(k+1) = P(k+1)

新しい用語Kpeff(k)はここでは時間ステップkにおけるコントローラの有効ゲインと定義される。P1(k+1) = P(k+1)ならば時間kの有効ゲインはゲインKpに等しい。しかし、飽和関数が適用される場合には上記式のP1(k+1)をP(k+1)に置き換えかつ次式と組み合わせることにより定義される。

20 $P(k+1) = P_{model}[T(k), T'_{des}(T(k))] + K_p * [T'_{des}(T(k)) - T'(k)]$

用語Kpeff(k)は次の通りである。

$$【0062】 P'max = K_{peff}(k) * ErrRRate(K);$$

$$K_{peff}(k) = P'max / ErrRRate(K)$$

ランプレート誤差が大きい場合に有効ゲインを小さくすることにより、その飽和関数によりオーバーシュート及び応答の振幅を最小にする。これにより、悪いランプレート制御からヒータに対する損傷確度が減少する。従って、ヒータ制御サブルーチン167のランプ制御アルゴリズムは、大きなランプレート誤差が生じる場合の系の応答を弱め、効率のよい温度制御を生じる。

30 【0063】プラズマ制御サブルーチン170は、マグネトロン電力レベル及びモード(CW又はパルス)を設定するプログラムコードを含む。RFプラズマ系を有する代替的实施例においては、プラズマ制御サブルーチン170は、チャンバ15内のプロセス電極に印加された低及び高周波数RF電力レベルを設定しかつ使用低周波数RF周波数を設定するプログラムコードが含まれる。ある実施例がマイクロ波電力レベルに用いられる1つのプラズマ制御サブルーチン170及びRF電力レベルに用いられる他のプラズマ制御サブルーチン170を有することは当然のことである。前述のようにチャンバ成分サブルーチン、プラズマ制御サブルーチン170は、チャンバマネージャサブルーチン157によって呼びかけられる。

40 【0064】プラズマ制御サブルーチン170は、マグネトロン電力レベル及びモード(CW又はパルス)を設定及び調整するプログラムコードを含む。RFプラズマ系を有する代替的实施例においては、プラズマ制御サブルーチン170はチャンバ15内のプロセス電極に印加

した低及び高周波数RF電力レベルを設定しかつ使用低周波数RF周波数を設定するプログラムコードが含まれる。ある実施例がマイクロ波電力レベルに用いられる1つのプラズマ制御サブルーチン170及びRF電力レベルに用いられる他のプラズマ制御サブルーチン170を有することは当然のことである。前述のチャンバ成分サブルーチンのように、プラズマ制御サブルーチン170はチャンバマネージャサブルーチン157aによって呼びかけられる。ゲートバルブ280を有する実施例においては、プラズマ制御サブルーチン170はマイクロ波電力レベルの設定/調整を調整スルゲートバルブ280の開閉のプログラムコードが含まれる。また、システムソフトウェアはゲートバルブ280を有する実施例において別個のゲートバルブ制御サブルーチンを有することができる。

【0065】終点検出サブルーチン159は、光源及び光検出器を制御し、吸光度からの光の強さの変化を比較するのに有用な光検出器からのデータを取り返し、場合によっては所定の光の強さレベルを検出するか又は洗浄プロセスの終点を示すフラグを上げる際に洗浄プロセスを停止することによる終点検出を扱うプログラムコードが含まれる。終点検出制御サブルーチン159は、また、チャンバマネージャサブルーチン157aによって呼びかけられる。終点検出制御サブルーチン159は、下記の終点検出系を用いる実施例に含まれる。終点検出系のない実施例は終点検出制御サブルーチン159を使用又は設置する必要がないことは認識される。

【0066】場合によっては、チャンバマネージャサブルーチン157aによって呼びかけられるゲッタリング制御サブルーチン169が含まれる。ゲッタリング制御サブルーチン169は、チャンバシーズニング、後洗浄フッ素ゲッタリング等に用いられるゲッタリングプロセスを制御するプログラムコードが含まれる。ある実施例においては、ゲッタリング制御サブルーチン169は、使用クリーンレシピと組合わせてゲッタリング制御を促進するためにクリーンレシピに蓄積された指定ソフトウェアを呼びかけることができる。

【0067】上記に示されたCVD系の説明は、主に一般的説明のためのものであり、本発明の範囲を限定するものとしてみなされるべきではない。具体的なCVD系10は枚葉式真空チャンバ系である、しかしながら、マルチウェハチャンバ系である他のCVD系も本発明の他の実施態様で用いられる。しかしながら、本発明のある種の特徴はマルチチャンバ処理系におけるCVDチャンバの一部として図示及び記載されているが、本発明が必ずしもその方法に限定されるものでないことは理解されるべきである。即ち、本発明は、エッチングチャンバ、拡散チャンバ等の種々の処理チャンバに用いられる。設計の変化、ヒータ設計、RF電力接続部分の位置、ソフトウェア操作及び構造、ソフトウェアサブルーチンに用

いられる個々のアルゴリズム、ガス導入ライン及びバルブの配置、及び他の修正のような上記系の変更も可能である。更に、電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマCVDデバイス、誘導結合型高密度プラズマCVDデバイス等の他のプラズマCVD装置も用いられる。本発明に有用な誘電層及びその層を形成する方法は、必ずしも特定の装置又は特定のプラズマ励起法に限定されるべきではない。

【0068】図6及び図7に示されるように、CVD装置10は、通常、真空チャンバ15内で半導体ウェハを支持する縦に可動するヒータ(ウェハ支持ベDESTAL又はサスセプタ)25を有する封入アセンブリ200が含まれる。プロセスガスは、ウェハ上でさまざまな堆積及びエッチングステップを行うためにチャンバ15に送られる。ガス分配系205(図6〜図12)はガス供給源90(図3)からウェハ上にプロセスガスを分配し、排気系210(図6〜図8)はプロセスガス及び他の残留物をチャンバ15から排出する。CVD装置は、更に、ウェハを加熱しかつウェハをチャンバ15内の処理位置へ上向きに上げるヒータ25を含むヒータ/リフトアセンブリ30(図1、図16-23)が含まれる。完全なリモートマイクロ波プロセス系55(図1及び図24)は定期的チャンバ洗浄、ウェハ洗浄又は堆積ステップ用CVD装置10内に設置される。

【0069】図6に示されるように、CVD装置10は高温処理中にそれらの成分を冷却するために冷却剤をチャンバ15の種々の成分に送る液体冷却系215が含まれる。液体冷却系215は、高温プロセスのためにそれらの成分上に望まていない堆積を最小にするためにそれらのチャンバ成分の温度を下げるように作用する。液体冷却系215は、ヒータ/リフトアセンブリ30を介して冷却水を供給する1対の水接続部分217、219及び冷却剤をガス分配系205(後述)に送る冷却剤マニホールド(図示せず)が含まれる。水流検出器220は、熱交換体(図示せず)から封入アセンブリ200への水流を検出する。装置10の個々の系の好適実施態様を下記に詳述する。

【0070】A. 封入アセンブリ

図6及び図10-12に関して、封入アセンブリ200は、アルミニウム又は陽極酸化アルミニウムのようなプロセス適合性材料からつくられた完全なハウジングであることが好ましい。封入アセンブリ200は、プロセスガス及びクリーンガスを導入管43を介してアセンブリ200内の内部リッドアセンブリ230へ送る外部リッドアセンブリ225が含まれる。内部リッドアセンブリ230は、ヒータ25に支持されたウェハ(図示せず)上のチャンバ15全体にガスを分散させるように機能する。図6に示されるように、リッドカバー233は、封入アセンブリ200の上部の成分に接近しており(即ち、外部リッドアセンブリ32)、システム操作中高温

の曝露からオペレータを保護する。SACVDプロセスについては、カバー233はリッドクランプ237のすきまがチャンバ16のガスを完全な状態に行わせる切り抜き235が含まれる。リッドカバー233は、通常、チャンバが、例えば、予防保守チャンバ洗浄を行うために開放されて真空を破壊しかつチャンバを大気圧に上げなければほとんどのプロセスステップで閉じられたままである。リッドヒンジ239は、リッドカバーを閉じて落ちることを防止するようにロッキングラチェット機構241が含まれる。

【0071】図6に示されるように、封入アセンブリ200は、真空ロックドア（図示せず）及びスリットバルブ開口243が含まれ、ウェハ装填アセンブリ（図示せず）がウェハWをプロセスチャンバ16に輸送し、ウェハWをヒータ25に載せる。ウェハ装填アセンブリは、マルチチャンバ処理系の移動チャンバ（図示せず）内に配置された従来のロボット機構であることが好ましい。適切なロボット移動アセンブリは、Maydanの共同譲渡された米国特許第4,951,601号に記載されており、その明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0072】図7、図8、図13及び図14に関して、チャンバ15の周囲の封入アセンブリ200の内壁245は、封入アセンブリ200のシェルフ252上に載置されているチャンバライナー250で覆われている。チャンバライナー250はプロセスガスをウェハの裏面に流れることから阻止するように働く。更に、ヒータ25は封入アセンブリ200より直径が小さいので、ライナー250はヒータ25の下にチャンバ15の下の部分へのプロセスガス流を阻止する。従って、ヒータ25の底及びチャンバ15の下の部分での望まれていない堆積が最少になる。更に、高温処理でウェハ縁の冷却を防止するために封入アセンブリ200のアルミニウム壁とヒータ25上のウェハの縁間を熱絶縁する。高温処理中、ライナー250はヒータ25上のウェハの熱い縁（例えば、550℃～600℃）から冷たい周囲のチャンバ壁（例えば、約60℃）への過度の熱損失を防止する。ライナー250がないと、ウェハの縁の加熱作用がウェハ中の温度の均一性に悪影響し、均一でない堆積をまねく。ライナー250は、高温プロセス（例えば、約500℃より高い）に十分適するプロセス適合性材料でつくられた内部253を含むことが好ましい。好ましくは、ライナー250の内部253は窒化アルミニウム、アルミナ等のセラミック材料を含み、アルミナが好ましい材料である。内部253の厚さは、通常、約3mm～25mm（約0.1インチ～1インチ）、好ましくは約5mm～8mm（約0.2インチ～0.3インチ）である。

【0073】ライナー250は、アルミニウムのようなセラミックより分解に感受性の低い材料を含む外部255を含むことが好ましい。外部255は、封入アセンブリのシェルフ252上に載置されており、ライナー25

0の内部253を支持する環状リッド254を含む。特に好適実施例においては、外部255は、図13及び図14に示される内部エアギャップ259を画成する複数の周辺に隔壁された垂直支柱が含まれる。エアギャップ259は、外部チャンバ壁からライナー250の内部253の絶縁を容易にしてウェハ温度の均一性を高める（ウェハの外縁は周囲のチャンバ壁温度のために冷やされ、ヒータ及びウェハ温度に相対して低い）。更に、エアギャップ259は、ライナー250に厚みを与えるのでチャンバ外壁とヒータ25間のギャップを塞ぐことができ、厚いライナー250で生じる分解又は他の熱損傷を最少にする。ライナー250の外部255の厚さは、通常約13mm～51mm（約0.5インチ～2インチ）、好ましくは約23mm～28mm（約0.9インチ～1.1インチ）であり、エアギャップの厚さは、通常約5mm～38mm（約0.2インチ～1.5インチ）、好ましくは約15mm～23mm（約0.6インチ～0.9インチ）である。環状カバー261は、外部ライナー255の上面に配置されてポンプチャネル40の下壁を形成する（後述）。環状カバー262は、酸化アルミニウム又は窒化アルミニウムのようなセラミック材料を含むことが好ましく、ライナー250のアルミニウム外部255をプロセスガス及びポンプチャネル40内の熱から保護する。

【0074】代替的实施例においては（図示せず）、ライナー250は封入アセンブリのシェルフ252に載置されている内部セラミック部分255及びポンプチャネル40の底を形成する環状カバー261を含むのみである。その実施例においては、外部255はセラミック部分255と封入アセンブリの内壁間のエアギャップ（図示せず）で置き換えられる。エアギャップは高温ウェハを封入アセンブリの冷却壁から絶縁し、チャンバ壁とヒータ25間のギャップを塞ぐためにライナー250に厚さを与える。

【0075】B. ガス分配系
図6及び図10-12に関して、外部リッドアセンブリ225は、通常、リッド又はベースプレート265、冷却剤マニホールド（図示せず）、導管47を含むクリーンガスマニホールド270、プロセスガス及び洗浄ガスを導入管43を介してプロセスチャンバ15へ混合及び注入するガス混合ボックス273、及び洗浄及び／又はプロセスガスをガス混合ボックス273へ選択的に分配するゲートバルブ280が含まれる。ゲートバルブ280が任意でありかつ外部リッドアセンブリ225が洗浄及び／又はプロセスガスをボックス273へゲートバルブをもたずに選択的に分配されるように変更されることが明らかに理解されなければならないことは当然のことである。図8に示されるように、ガス混合ボックス273、クリーンガスマニホールド277及びゲートバルブ280は、ベースプレート265の上面に留められる、

例えば、ボルトで閉められることが好ましい。第1及び

第2ガス通路83、85はプレート265の外部に取り付けられ、ガス混合ボックス273へ伸びる。ガス通路83、85は各々、オゾン、TEOS、TEPO、ヘリウム、窒素、クリーンガス等のガス供給源(図3参照)に適切に連結された入口、及び導入管43を介して内部リッドアセンブリ230へ送る前にガスを混合するボックス273内の混合領域93と通じている出口(図示せず)がある。

【0076】プラズマ処理について、CVD装置10がガス分解せず及びガス分配系でガス堆積せずに高電圧RF電力をガスボックスへ印加することを可能にするガス通路83、85を収容するガスフィードスルーボックス(図示せず)を含むことは留意すべきである。具体的なガスフィードボックスの記載は、Wangの米国特許第4,872,947号に見られ、その明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0077】図10に示されるように、クリーンガスマニホールド70は、ガスを入口290から入れかつそのガスを流体通路293を介してガス混合ボックス273へ送る導管47が含まれる。ゲートバルブ280は、ガス混合ボックス273へ導管を通過させることを選択的に可能にするか又は防止する通路293内に固定されたバルブプラグ(図示せず)が含まれる。ゲートバルブ280は、作動ハンドル281によって手動されるか又はゲートバルブ280がプロセッサ50で制御される。洗浄(後述)中、ゲートバルブ280はプラズマ系55からのクリーンガスをボックス273へ通過させるように配置され、導入管43を介してチャンバ15へ送られ装置10のウェハ又はチャンバ壁及び他の成分をエッチングする。

【0078】図7に示されるように、クリーンガスマニホールド270は、装置10の封入アセンブリ200の上の部分に積分してつくられ、導管47はチャンバ15の上部から側面に向かって適当な曲がり又はカーブがある。マニホールド270の導管47は装置10の封入アセンブリ200の側壁内に積分して形成された通路への開口を有し、ヒータ25が作動させる高温のために加熱される。その通路は、内部ライナー291を備え、封入アセンブリ200内の通路の内面をアプリケーション管292から入るクリーンガス遊離基からの腐食及びエッチングから保護するように働く。ライナー291は、クリーンガス中の遊離基の結合を防止する。クリーンガスは、入口57からアプリケーション管292へ導入される。遊離基は、封入アセンブリ200内のチャンバ15の下の方にあることが有利であるプラズマ系55のマグネトロンから放射されたマイクロ波エネルギーによってアプリケーション管292中のクリーンガスから生成される。装置10の下の方系55の位置は、予防保守洗浄、修理等のチャンバ15の点検を容易にする。特に、底に取り付けられたリモートマイクロ波プラズマ系55が装置10のリッ

ドの上に位置しないので、予防保守洗浄を行うために装置10のリッドの開放は容易に行われる。マイクロ波プラズマ系55は下で詳細に述べられる。図7及び図8に示されるように、導入管43はプロセスガスをチャンバ15に送る内部通路295及び洗浄ガスをチャンバへ送る通路293と通じている環状外部通路297が含まれることが好ましい。

【0079】ベースプレート265の上面又はは留められる冷却剤マニホールドは、熱交換器からの水又はグリコール/水混合液のような冷却剤液を入れる。冷却剤は、冷却剤マニホールドからベースプレート265内の環状冷却剤チャンネル93(図8及び図9)を介して分配されて処理中のプレート265及び内部リッドアセンブリ230の成分からの熱を還流的及び導電的にリモートする(下で詳細に述べられる)。

【0080】図6及び図9に示されるように、内部リッドアセンブリ230は、通常、ベースプレート265、プロセスガス及びクリーンガスをチャンバ15へ分散するブロッカー又はガス分散プレート301及びシャワーヘッド又はガス分散プレート20が含まれる。プレート301、20は、高温プロセスに耐えることができるプロセス適合性材料から形成されることが好ましい。例えば、プレート301、20は、酸化アルミニウム又は窒化アルミニウム(AlN)のようなセラミック材料又はアルミニウム又は陽極酸化アルミニウムのような金属を含むことができる。好ましくは、プレート301、20は、プレート301、20の表面上のガス堆積を最少にするためにアルミニウム又は陽極酸化アルミニウムのような金属を含む。特に好適実施例においては、ガス分散プレート301は陽極酸化アルミニウムを含み、ガス分散プレート20はアルミニウムを含む。ガス分散及びガス分散プレート301、20は、各々ベースプレート265の下の方に直接留められる。好ましくは、ガス分配及び分散プレート20、301は、各々ベースプレート265の下の方に複数のねじ山のある取り付けねじ303、305で付けられる。取り付けねじ303、305は、ガス分配及び分散プレート20、301の各々の接触面とベースプレート265間の比較的しっかりした表面对表面の接触を与えてその間の導電性熱交換を容易にする(下で詳細に述べられる)。取り付けねじ303、305は、ニッケル、Hasteloy(登録商標)、Haynes(登録商標)等を含む。

【0081】図8及び図9に関して、ガス分配プレート20は、プレート20の接触面とベースプレート265の下の方とをかみ合わせるために取り付けねじ305を入れる複数の孔315を有する外部フランジ313がある実質的に平らなプレート311である。ベースプレート265は、ガス分配プレート20を265の下面から隔置しかつプロセスガスを複数のガス分配孔315を介して半導体ウェハへ均一に分散する2つのプレート間に

10

20

30

40

50

チャンバ317（図8参照）を形成する環状外部スタンドオフ316が含まれる。また、ガス分配プレート20は、側壁及び底壁で画成された中央に配置されたキャビティを有する皿形デバイス（図示せず）を含むことができる。

【0082】ガス分配孔315のサイズ及び配置は、プロセスの特徴によって異なる。例えば、ガスをウェハに均一に分配するように孔315が均一に隔置される。一方、場合によっては孔315は不均一に隔置及び配置される。孔315の直径は、0.1mm〜2.5mm（約5mil〜100mil）、好ましくは0.2mm〜1.3mm（約10mil〜50mil）の範囲である。好ましくは、ガス分配孔315は、半導体ウェハ上の堆積の均一性を促進するように設計される。孔（及び上記のマニホールド温度）は、マニホールド外（下）面に堆積物の形成を避けるために、特に、処理中及び処理後にウェハ上にはげ落ちることがある表面上の柔らかな堆積物の堆積を防止するように設計される。具体的な実施例においては、孔の配列はほぼ同心円の環の孔315の1つである。隣接環間の距離（環対環の間隔）は、ほぼ等しく、各環内の孔対孔の間隔はほぼ等しい。ガス分配孔に適した配置の完全な説明は共同譲渡されたWangの米国特許第4,872,947号に記載されており、その特許の明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0083】ガス分散プレート301は、外部スタンドオフ316とガス分配プレート20間に形成されたチャンバ317へガスを分散する複数のガス分散孔325を含むほぼ円形の円板321である。ベースプレート265は、分散プレート301をベースプレート265から隔置しかつスタンドオフ318とプレート301間に形成されたチャンバ320（図8参照）へベースプレート265を通過するガスを分散させる第2内部ストンドオフ318を含むことが好ましい。また、ガス分散プレート301は、スタンドオフ318よりむしろチャンバ320を形成するみぞ（図示せず）を画成することができる。分散孔325の直径は、通常約0.02mm〜0.04mmである。分散プレート301が本発明の好適実施例に含まれることは当業者に認識されることは当然のことである。しかしながら、他の実施例においては、プロセスガスがベースプレート265からガス分配プレート20のチャンバ317へ直接通過される。

【0084】図8及び図9に示されるように、ベースプレート265は、プロセスガスをガス分散プレート301に送るかつ全内部リッドアセンブリ230を処理チャンバの本体ユニットに取り付けるように機能する一体成形積分要素である。RFプラズマプロセスにおいて、内部リッドアセンブリ230は、チャンバリッドを接地から電気絶縁しかつRFガスボックス（図示せず）からチャンバを分離するアイソレータ（図示せず）が含まれる。RFプラズマプロセスで有用な具体的なリッドアセ

ンブリは、Wangの米国特許第4,872,947号に記載されており、その明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0085】図15に示されるように、ベースプレート265は、堆積ガスを排気する環状ポンプチャネル40を画成する下の表面321を有する（下で詳細に述べられる）。図8及び図9に示されるように、ベースプレート265は、混合ガスボックス273からの混合プロセスガスを入れる導入管43と通じている中央孔327を画成する。孔327は、また、孔315までプレート301両端にガスを分散させるガス分散プレート301のみぞ311と通じている。ベースプレート265は、更に、冷却剤液をプレート215の部分を通してプレート265のその部分を還流で冷却する冷却系215に連結された入口331と出口333を有する冷却剤通路93を画成する。好ましくは、冷却剤通路は、取り付けねじ303、305に比較的近いベースプレート265の一部に形成される。これにより、分散及び分配プレート301、20の接触面及びベースプレート265の下の表面326を介して導電性冷却が容易になる。冷却剤通路93についての具体的な設計の詳細な説明は、1996年4月16日に出願された共同譲渡された同時係属中の出願番号第08/631,902号（代理人整理番号第1034号）及びWangの共同譲渡された米国特許第4,872,947号に見られ、これらの明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0086】図9に関して、ベースプレート265は、冷却剤通路93の上にベースプレート265に留められたみぞ343に配置された中央孔327と環状キャップ345を周設する環状のみぞ343を画成する。好ましくは、環状キャップ345は、通路93の上にしっかりと密閉するようにベースプレート265の上面に溶接され、通路93からの冷却剤の漏出を効果的に防止する。この配置で、通路93はガス分配及び分散プレート20、301に相対的に近くに形成される。更に、ベースプレート265の上面にグループを形成することにより通路93がつくられ、製造プレートのコスト及び複雑さが減少する。

【0087】ここに図11及び図12に関して、内部リッドアセンブリ230'の代替的实施例を述べる。前の実施例と同様に、リッドアセンブリ230'はベースプレート265、プロセスガス及びクリーンガスをチャンバ15に分散するガス分散プレート301及びガス分散プレート20が含まれる。更に、ベースプレート265は、ベースプレート265及びリッドアセンブリ230'の他の成分を冷却するために水のような冷却剤液を入れる環状冷却剤チャネル500が含まれる。この実施例においては、ベースプレート265は、ガス分散及びガス分配孔325、351のすぐ上にベースプレート265の一部と熱を交換するガス分散プレート301の上

の中央孔295の周りに伸びている環状流体チャネル502が更に含まれる。

【0088】内部リッドアセンブリ230'は、ベースプレート265とガス分散プレート301間のチャンバから真空15まで伸びている複数のバイパス通路510が含まれる。バイパス通路510は、ガス分散及びガス分配孔325、315より流体フローに対する抵抗が小さい。従って、チャンバ320へ流れる大部分のガスは直接真空チャンバ15へバイパス通路520を通過する。具体的な実施例においては、バイパス通路510は、チャンバ15へガスを均一に送るためにベースプレート265の周囲に隔壁されるのが好ましい(図11)。この実施例の好適使用においては、NF3のような洗浄ガスがチャンバ320及びガス分散及びガス分配孔325、315を各々通過する。更に、洗浄ガスの一部が直接チャンバ15へバイパス通路510を通過して洗浄ガスのチャンバ15への供給を容易にする。この実施例においては、蒸着装置10はガスがバイパス通路510を通過することを防止(又は少なくとも阻止)するコントローラ(図示せず)に連結されたバルブのような制御系を含むことが好ましい。例えば、処理中、典型的には、プロセスガスがガス分散及びガス分配孔325、315を通過してウェハ上に均一に分散することが所望される。従って、プロセスガスがバイパス通路510を通過することから防止するためにバルブが閉められる。チャンバが洗浄される場合、バルブが開いて洗浄ガスの少なくとも一部をチャンバへ素早く送る。これにより、洗浄プロセスの速度及び効率が高まり、装置10のダウン時間を短縮する。場合によってはプロセスガスがバイパス通路510を介して送られることも認識されることは当然のことである。

【0089】C. 排気系

図6～図8に関して、CVD装置10の外部に配置されたポンプ(図示せず)は、チャンバ15から環状ポンプチャネル40を通してプロセスガス及びパージガス並びに残留物の双方を流すために減圧を与え、放出導管60に沿って装置10から放出する。図15に示されるように、堆積ガス及びクリーンガスは、チャンバ15の周囲の環状スロット形オリフィス355を介してポンプチャネル40へウェハW(矢印351で示される)の上へ放射状に排気される。環状スロット形オリフィス355とチャネル40は、チャンバの円筒状側壁17の上部(チャンブライナー250の内部253を含む、図7及び図8参照)とベースプレート265の底部間のギャップによって画成されることが好ましい。ポンプチャネル40から、ガスはチャネル40の周囲に及び下に向かって伸びているガス通路361を介して真空シャットオフバルブ363(その本体は下のチャンバ本体と集積されることが好ましい)を過ぎて外部真空ポンプ(図示せず)に接続する放出導管60へ流れる。

【0090】また、CVD装置10は、プロセスチャンバ15とポンプチャネル40と直接通じている複数のガス孔を有する別個のポンププレート(図示せず)が含まれる。この実施例においては、ガス孔は、孔を介してプロセスガスの均一な放出を容易にするためにチャンバの中央の開口の周辺に隔壁される。入口及び出口の相対位置を収容するために、ガス孔は中央の開口に相対する入口から出口へ放射状に外に向かって伸びることができる。この孔の放射状の向きは、プロセスガス及びパージガスのかなり均一な放出に寄与し、処理チャンバ15から残留物を排気する。このタイプのポンププレートの詳細な説明は、1996年2月26日に出願された共同譲渡された同時係属中の出願番号第08/606,880号(代理人整理番号第978号)に見られ、この明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0091】図6及び図7に関して、バルブアセンブリ(スロットルバルブ系)369は、ポンプチャネル40を介してガスの流速を制御する放出ライン60に沿って配置された分離バルブ371とスロットルバルブ373が含まれる。処理チャンバ15内の圧力は、キャパシタンス381、383(図6参照)でモニタされ、スロットルバルブ373で導管60のフロー断面積を変えることにより制御される。好ましくは、プロセス50は、チャンバ圧力を示す信号をマノメータ381、383から取り返す。プロセス50は、測定圧力値をオペレータ(図示せず)によって入れた設定圧力値と比べ、チャンバ15内の所望圧力を維持するのに要するスロットルバルブ373の必要な調整を求める。プロセス50は、調整信号をコントローラ385を介して駆動モータ(図示せず)へリレーし、設定圧力値に対応する正しい設定にスロットルバルブを調整する。本発明での使用に適切なスロットルバルブは、「プロセスチャンバ圧力を制御する改良装置及び方法」と称する1996年6月28日に提出された共同譲渡された同時係属中の出願番号第08/606,880号(代理人整理番号第8918/DCVD-II/M&E号)に見られ、この明細書の記載は本願明細書に含まれるものとする。

【0092】分離バルブ371は、プロセスチャンバ15を真空ポンプから分離してポンプのポンプ作用によるチャンバ圧力の低下を最少にするために用いられる。スロットルバルブ373と共に分離バルブ371はCVD装置10のマスフローコントローラ(図示せず)を検定するために用いられる。あるプロセスでは、液体ドーパントが気化され、キャリアガスと一緒にプロセスチャンバ15へ送られる。マスフローコントローラは、チャンバ15へのガス又は液体ドーパントの流速をモニタするために用いられる。MFCの検定中、分離バルブ371はスロットルバルブへ373へのガス流量を制限又は限定してチャンバ15内の圧力増加を最大にし、MFC検定を容易にする。

【0093】D. ヒータ／リフトアセンブリ

図16～図23に関して、ヒータ／リフトアセンブリ30をここで詳細に述べる。ヒータ／リフトアセンブリ30は、ウェハを真空チャンバ15内の処理位置へ上げかつ処理中にウェハを加熱するために機能する。最初に、ヒータ／リフトアセンブリ30が本明細書に記載及び図示された具体的なSACVDチャンバ以外の種々の処理チャンバを使用するために又はその中へ直接入れるために変更されることは留意されるべきである。例えば、ヒータ／リフトアセンブリ40は、RF又はマイクロ波電力でプラズマを生成する類似のCVDチャンバ、金属CVD(MCVD)チャンバ、又は他の慣用の又は慣用でない半導体処理チャンバで用いられる。

【0094】図16及び図20に関して、ヒータ／リフトアセンブリ30は、通常、上下支持シャフト391、393に連結した耐熱性ウェハ支持ベDESTAL又はヒータ25、ヒータ25及びヒータ25を垂直に移動する駆動アセンブリ400の下に支持シャフト391、393を囲むリフト管395、シャフト200、201及びチャンバ15内のリフト管202が含まれる。下で詳細に述べられるように、ヒータ25（及びその上に支持されたウェハ）は下の装填／非装填位置の間を制御可能に移動することができ、封入アセンブリ200内のスロット243及びガス分配プレート20の下の上の処理位置と実質的に並ぶ（図7及び図8）。図7に示されるように、ヒータ25は、処理中にウェハが正確に位置するように周囲のフランジ405を上げた環によって囲まれたウェハ支持上面403が含まれる。ウェハ支持表面403の直径は、堆積温度、例えば、約200℃～800℃の範囲の温度においてウェハWの直径にほぼ等しい。この直径は、典型的には、大サイズのウェハの場合約150mm～200mm（約6インチ～8インチ）であり小サイズのウェハの場合約75mm～130mm（約3インチ～5インチ）である。約300mm（約12インチ）径のような他のウェハサイズがチャンバ、チャンブライニング250及び支持ヒータ25の適切な変更と共に本発明の範囲内であることは当然のことである。

【0095】支持ヒータ25は、比較的高い処理温度、即ち、600℃～800℃まで又はそれ以上に耐えることができる処理適合性材料からつくられた円板を含むことが好ましい。該材料は、高温堆積と関連がある反応性化学からの堆積に耐性がありかつクリーンガス中の遊離基によるエッチングに耐性がある。ヒータ25に適切な材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等のセラミックである。熱導電性が高く、耐腐食性が優れかつ熱衝撃の許容限度が優れることからヒータ25に好適な材料は窒化アルミニウムである。従って、特に好ましい実施例においては、ヒータ25の全体の外面は窒化アルミニウムを含んでいる。窒化アルミニウムは高温性能が高く、チャンバ15で用いられるフッ素及びオゾン化学に

対する耐性が高い。ヒータ25のための窒化アルミニウムの使用はステンレス鋼又はアルミニウム材料に比べて処理ウェハの背面の金属混入が少なく、信頼性の高いデバイスが得られる。更に、アルミニウムは、チャンバ又はウェハについては蓄積及びはげ落ちるフッ化アルミニウム化合物の層を形成する洗浄ガスに典型的に用いられるフッ素含有化合物と反応する傾向があり、混入を生じる（下で詳細に述べる）。窒化アルミニウムのヒータ25をつくると洗浄中のその問題となる反応が効果的に排除される。

【0096】図13～14に関して、駆動アセンブリ400は、空気シリンダ、制御可能モータ等を含む種々の駆動機構が含まれる。好ましくは、適切なギア駆動409を介してヒータに連結されたステッパモータ407は、ヒータ25、シャフト391、393及びリフト管395を装填／非装填位置と処理位置間の制御された増加分で垂直に駆動するように作動させる。駆動アセンブリ400は、ヒータ25の実質的に自由な垂直移動を可能にするためにシャフト391の端と処理チャンバの底部間に取り付けられた上下のベローズ411、413が含まれる。更に、ベローズ411、413は、ガス分配面板20とヒータ25が処理中に実質的に平行であることを行わせるために角移動を可能にする。

【0097】図8、図16及び図20に関して、リフト管395は、上シャフト391の下部分を囲み、上ベローズ411をシャフト391、ヒータ25及び処理チャンバ15の内部から放射する熱エネルギーから絶縁するのを援助する。リフト管395は、通常、アルミニウムシャフト418、シャフト418の上面に載っている環状ストライクプレート420及びプレート420をシャフト418に取り付ける環状フランジ422を含む。フランジ422及びストライクプレート420は、窒化アルミニウム又は酸化アルミニウム（セラミック又はアルミナの形のAl₂O₃）のような高温に耐えることができる材料からつくられることが好ましい。フランジ422及びストライクプレート420は、シャフト418のヒータシャフト391へのそり又は融合を最少にするためにアルミニウムシャフト418をヒータから絶縁する。具体的な実施例においては、リフト管は、ストライクプレート420がガタガタ鳴るのを防止又は少なくとも阻止するためにフランジ422とストライクプレート420間に装填された波スプリングのようなスプリング（図示せず）が含まれる。

【0098】図8及び図20に示されるように、通常2個、好ましくは4個の複数のウェハ支持／リフトフィンガ430は、ヒータ25の周囲に隔壁されたガイドスタッド432内に滑らせて取り付けられる。フィンガ430は、ヒータ25の下に下向きに伸びるのでストライクプレート420はフィンガ430をかみ合わせかつ装填及び非装填ウェハのヒータ25の上面の上に持ち上げる

10

20

30

40

50

ことができる。リフトフィンガ430は、酸化アルミニウムのようなセラミック材料でつくられることが好ましく、通常、切り取られたダブルコーン形ヘッド（図示せず）を有する。4個のリフトフィンガガイドスタッド432は、ヒータ25の周りに均一に分配されないことが好ましいが、代わりにロボットブレードの幅より広い少なくとも1つの側面を有する矩形を形成し、典型的には薄い平らなバー（図示せず）であり、その周りでリフトフィンガ430がウェハを持ち上げなければならない。リフトフィンガ430の底端は丸くなっている。処理中にヒータに結合するフィンガを最少にするために、フィンガ430の直径は相対的に厚い約3mm~5mm（約100mil~200mil）、好ましくは約4mm（約150mil）であり、長さは相対的に短い約25mm~76mm（約1~3インチ）、好ましくは51mm（2インチ）である。

【0099】使用中、ヒータ25がスリット243と反対の位置（又は実際にスリット243のすぐ下）にある場合、ロボットブレード（図示せず）がウェハをチャンバ15に運ぶ。ウェハははじめはリフトフィンガ430で支持され、ストライクプレート420でヒータ25の上に持ち上げられる。リフトフィンガ430はヒータ26と共に上がるので、ストップ（図示せず）とぶつかる。ヒータ25はガス分配フェースプレート20と反対の処理位置まで上がり続けるので、リフトフィンガ430はヒータ25内のガイドスタッド432に沈み、ウェハは環状フランジ405内のウェハ支持表面403上で堆積される。ウェハをチャンバ15から取り出すために、上記ステップが逆行される。

【0100】図16に関して、抵抗ヒータコイルアセンブリ440は処理中に熱をウェハに移すヒータ25内に収容される。上下の支持シャフト391、393は、ヒータ25を支持し、中空コア445内のヒータコイルアセンブリ440へ必要な電気接続部分を収容する（後述）。上の支持シャフト391は、比較的高い処理温度に耐えることができるセラミック材料でできている。好ましくは、シャフト391は拡散結合窒化アルミニウムからつくられ、窒化アルミニウムが存在しない場合には生じる電極及び電気接続部分への堆積及びそのチャンバ15に用いられる化学による攻撃を防止する。シャフト391は、シャフト391の中空コア445が周囲温度及び圧力（好ましくは大気圧、即ち、760 torr又は1気圧）であるようにヒータ25とシャフト391間を気密にするためにヒータ25に拡散結合されることが好ましい。他の実施例においては、中空コア445は約0.8気圧~1.2気圧の圧力及び約10℃~200℃の温度であるが、チャンバ15は少なくとも約400℃の温度及び約20 mtorr~約600 torrの圧力である。この配置は、電極及び他の電気接続部分をチャンバ15内のプロセスガス及びクリーンガスからの腐食から保護するのに役立つ。更に、シャフト391の中空コア445を周囲

温度で維持すると、RF電源から中空コア445を介して電力リード又はルミニウムシャフトへのアークを最少にする。従って、真空中で生じるアークが避けられる。

【0101】図16及び図17に関して、上の支持シャフト391は、封入アセンブリ200の下の面に開口453を通して伸び、シャフト391とチャンバ15間のガスシールを与えるベース455に連結する。上の支持シャフトは下の支持シャフト393に留められ、例えば、ボルトで締められ、アルミニウム又はアルミニウム合金のような適切なプロセス適合性材料を含む。下の支持シャフト393は、水冷却アルミニウムシャフトであることが好ましい。しかしながら、下の支持シャフト393は酸化アルミニウム又は窒化アルミニウムのようなセラミック材料を含むことができる。1以上のシーリング部材457、例えば、Oリングはシャフト391、393間に配置されてコア445とチャンバ15間のガスシールを維持する。図16に示されるように、下の支持シャフト393は、装填位置と処理位置間のシャフト391、393とヒータ25を移動する駆動アセンブリ400上の垂直可動支持体461に取り付けられる。シャフト393は、電気接続部分の周りを通過する内部冷却剤チャンネル463を画成してその接続部分をシャフトの高温から絶縁する。冷却剤チャンネル463は、液体冷却系215の水接続部分217、219に連結した入口と出口466がある。冷却剤チャンネル463は、下のチャンバ領域の相対的に低温を維持してシーリング部材457を保護する。代替的实施例においては、ヒータアセンブリ30はヒータ25を支持する単シャフト（図示せず）を含み、封入アセンブリ200の下で開口453を通して伸びる。この代替的实施例においては、シーリング部材457は用いられない。

【0102】ヒータコイルアセンブリ440は、約20℃/分の速度でチャンバ内での温度少なくとも約200~800℃となるように配置される。図18及び図19に関して、ヒータコイルアセンブリ440はセラミックヒータ25に埋め込まれたヒータコイル471が含まれる。ヒータベース25に埋め込まれたヒータコイル471の経路指示は、ヒータ25の中央付近の電氣的接触部分で開始し、ヒータ25の片面に沿ってその周囲に向かって後ろと前に動き、ヒータ25のもう一方の面に伸び、第2電氣的接触部分474へヒータ25の中央へ向かって後ろに及び前に動く単コイル471を与えることが好ましい。このループパターンは、プレートの幅両端でほぼ均一な温度を維持するために加熱するが熱損失を可能にする。好ましくは、ヒータコイル471は、ヒータ25のウェハ指示表面両端に少なくとも約400℃+/-2℃及び少なくとも600℃+/-8℃の均一な温度分配を与える。具体的な実施例においては、ヒータコイル471は、ヒータシャフト391から熱勾配を低下させるためにヒータ25の中央付近で電力密度が大き

い。

【0103】図21に示されるように、ヒータコイルアセンブリ440は、シャフト341を介して適切な電氣的エネルギー源に伸びる複数のコンダクタリード線475に接続された埋込RF網状接地平面電極473を含むことが好ましい。網状接地平面要素473は、プラズマプロセスが用いられる実施例においては接地路及びプロセス抵抗を与えるモリブデン網状電極である。リード線475は、ニッケル、銅等の比較的高いプロセス温度に耐えることができる導電性材料を含むことが好ましい。具体的な実施例においては、リード線475は、セラミックと金属間のろう付けを避けるために電極473に共焼結される金属挿入部分477で電極473に連結された各ニッケル線である。挿入部分477は、モリブデンのような窒化アルミニウムに対する相対的に密接した熱膨張整合を有する材料を含むことが好ましい。図示されるように、モリブデン挿入部分477はモリブデンブラグ481に各々留められ、例えば、ろう付けされ、リード線475にろう付けされる。主に抵抗線か主に導電線かのヒータコイルのワイヤは全て、窒化アルミニウムヒータ本体の注型成形に耐えるように高温を許容する連続絶縁コーティング（上述したようなもの）でシースされる。

【0104】図16、図22及び図23に関して、ヒータ／リフトアセンブリ30は、加熱コイル471の温度を決定する少なくとも1個の熱電対491が含まれる。熱電対491は、ウェハの底から6mm（約0.25インチ）離れたヒータ25の下面と接触させて挿入及び保持されたセンサ495（図16）を有するエロンゲート管493が含まれる。それを目的として、ヒータ25は、熱電対491のセンサ495を要素473に接続するヒータ要素473にろう付けした熱電対ガイド（図22）が含まれる。熱電対491は圧縮ばね503（図23）からわずかなばね力で適切に保持され、温度コントローラ（図示せず）に制御信号を与える。センサ495は、大気圧にあるウェル505に配置されることが好ましく、加熱要素473と熱電対491間の熱移動を高めて正確に読み取る。温度コントローラは、均一な温度プロファイルを維持するためにヒータの応答特性を起こそうとしかつそれを変えるレシビステップを予想するレシビ式比例積分微分（PID）コントローラである。下の支持シャフト393の真空シール及び接地接続部分は、シャフト393（図示せず）の側面に沿ってつくられ、ヒータワイヤ端511及び熱電対管端513への接続は大気圧条件でつくられる。

【0105】本発明が使用中である場合、ヒータ25がスリット243と反対の位置（又は実際にはスリット243のすぐ下）にある場合にはロボットブレード（図示せず）がウェハをチャンバ15に移動する。ヒータ25とウェハは駆動アセンブリ400で処理位置に持ち上げ

られ、リフトフィンガ430はヒータ25内のガイドスタッド432に沈むのでウェハはヒータ25の環状フランジ405内のウェハ支持表面430上で堆積される（図8、図16及び図17）。TEOS及びO₃のようなプロセスガスは、ガス通路83、85を通り、ガス混合ボックス273の混合領域93で一緒に混合される（図7及び図6参照）。次に、混合ガスは導入管43の内部通路295及びベースプレート265の中央孔327を介してガス分散プレート301の上のチャンバ320へ送られ、外側に分散し、孔325を介してガス分散プレートの上のチャンバ317へ流れる（図8及び図9参照）。好ましくは、ガスはガス分散孔315を介して半導体ウェハ（図示せず）上に均一に分配される。

【0106】ヒータ25上のウェハの温度は、典型的には、ヒータコイルアセンブリ440によって最低堆積温度より高く保持されるのでプロセスガスはウェハ表面で一緒に反応しかつ層を堆積する。詳しくは、電流はコンダクタワイヤ457を介して抵抗コイル473へ進み、個々の実施例に従って約200℃～800℃の温度にウェハを加熱する。好適実施例においては、温度は、チャンバ内の現在温度に基づいてランプレート維持するフィードバック制御系（上記ヒータ制御サブルーチン167に記載）で制御される。その処理中、内部リッドアセンブリ230は、通過するガス、加熱した半導体ウェハ及びウェハ加熱供給源を含む種々の供給源から熱を取り返す。リッドアセンブリ230の成分を最低堆積温度より低く維持するために及びその成分上のガス反応及び堆積を避けるために、冷却剤液体が冷却剤チャネル93に導入されてベースプレート265並びにガス分配及び分散プレート20、301から熱を除去する。

【0107】堆積処理中、ポンプチャネル40内を減圧にするために真空ポンプを活性化し、プロセスガス及びプラズマ残留物を処理チャンバ15からチャネル40及び排気口361を介して引き抜く（図8及び図15）。更に、バージガスは、サスセプタ25とライナー250の内部253間のギャップを介して処理チャンバ15へ通常上向きに進むことができる。バージガスは、プロセスガスを装置10の下の部分への漏出を最少にし、排気口361を介してプロセスガスの除去を容易にする。

【0108】E. 積分リモートマイクロ波プラズマ系 図24は、本発明の実施例によるウェハ及び／又はプロセスチャンバを洗浄するリモートマイクロ波プラズマ系55の簡易線図である。マイクロ波プラズマ系55は、チャンバ15内のウェハ及び／又はチャンバ15の成分を効率よくエッチング又は洗浄するのに有用な及びおそらくは堆積するのに有用な処理チャンバ15から離れてプラズマを生成する。マイクロ波プラズマ系55は、アブリケータ管292；プラズマ点火系（後述）；マイクロ波導波管系（後述）；自動インピーダンス整合のフィードバックを必要とする実施例のための選択位相検波

器、及び負荷707を有するサーキュレータ705を含むことができるインピーダンス整合系701を含む最適化要素；及びマグネトロン711が含まれる。

【0109】マグネトロン711は、連続波(CW)又は約2.45ギガヘルツ(GHz)周波数のマイクロ波のパルス出力について約500ワット〜2500ワットで操作することができる典型的なマグネトロン源である。マグネトロン711は、マグネトロン711からリモートで位置が示される電源110(図3に図示)で供給される。他のマグネトロンも同様に用いられることは当然のことである。マグネトロン711からのマイクロ波は、ジョイント719で一緒に結合される直線及び曲線導波管区分715、717の種々の長さを含むマイクロ波導波管系に伝搬される。反射損を最少化した損失の少ない最大マイクロ波伝搬を与えかつマグネトロンを反射電力による損傷から保護するために働く最適化要素が導波管系内に点在する。次の説明は、マグネトロン711からアプリケーション管292に対する所望の方向である。

【0110】個々の実施例においては、マイクロ波プラズマ系は、図24に示されるように負荷707を有するサーキュレータ705に接続されたマグネトロン711を有する。サーキュレータ705は、マグネトロン711からアプリケーション管292に向かって前方へのマイクロ波伝搬のみ可能である。負荷707は、導波管系からマグネトロン711に向かって逆に反射される電力を吸収する。もって、サーキュレータ705と負荷707は、マイクロ波を前方の向きに進め、マグネトロン711を反射電力からの損傷から保護する。サーキュレータ705は、別の導波管区分715に接続された位相検波器703に接続される導波管715に接続する。使用する場合、位相検波器は同調又は整合系701を取り付けた別の導波管区分715に曲線導波管区分717を介して連結される。スタブチューナ又は他の同調要素を用いることができる同調系701は、プラズママイクロ波系55に導波管区分721の負荷を50Ωまで整合する能力、導波管の特性インピーダンスを備える。同調系701は、個々の実施態様に従って固定同調、手動同調又は自動同調を与えることができる。自動同調を用いる実施態様については、位相検波器は、同調系701へフィードバックするために伝搬されたマイクロ波の位相を検出する3ダイオードアレーであり、適切な負荷を知的に及び動的に同調させる。個々の実施態様においては、導波管区分は矩形断面を有するが、他の種類の導波管も用いられる。

【0111】図24に見られるように、最適化導波管系を進むマイクロ波は出力導波管区分721からアプリケーション管292へ伝搬され、プラズマが生成される。アプリケーション管292はマグネトロン711から導波管系及び他の最適化要素を介してマイクロ波によってエネルギーが与えられる反応性ガスが入る入力供給ライン57を

有する。アプリケーション管292は、個々の実施態様に従って複合又はセラミック材料、好ましくはアルミナ又はプラズマの遊離基によるエッチングに耐性のある他の材料でつくられた円形(又は他の断面)管である。個々の実施態様においては、アプリケーション管292は長さが約90cm〜61cm(18インチ〜24インチ)及び断面の直径が約8cm〜10cm(約3インチ〜4インチ)である。アプリケーション管292は導波管区分721によって配置され、マイクロ波を伝搬するために一端が開放しており、もう一端が金属壁で終わっている。次に、マイクロ波は、マイクロ波に対して透過的であるアプリケーション管292の内部の反応性ガスに導波管区分721の開放端を介して伝搬されることができる。サファイアのような他の材料もアプリケーション管292の内部に用いられることは当然のことである。他の実施態様においては、アプリケーション管292は複合又はセラミック材料でできた金属外部及び内部を有し、導波管区分721のマイクロ波がアプリケーション管292の外部を介して管292の曝露内部に入り反応性ガスにエネルギーを与える。

【0112】個々の実施態様においては、場合によっては導波管区分721の金属壁に取り付けられるプラズマは紫外線(UV)ランプ731及びUV電源721を含むプラズマ点火系によって点火される。UV電源733が金属壁の種々のほかの位置に取り付けられることは当然のことである。UV電源733によって供給されたUVランプ731はアプリケーション管292内のプラズマをはじめにイオン化する。次に、マイクロ波エネルギーが点火プラズマのイオン化を維持してゲートバルブ280を介してチャンバ15に至る入口290に入る遊離基の流れを生じる。管292内の反応性ガスの導入及びイオン化からのアプリケーション管292内の負荷の変化のために、整合系701の使用が効率に結びつくマイクロ波エネルギーを最適化する。好適実施態様においては、整合系701は、プロセッサ50の又は自動同調用コントローラユニットの制御下に少なくとも1個のスタブチューナが含まれる。上記のように、他の慣用の同調要素も整合系701に用いられる。

【0113】上述のように、アプリケーション管292は、図7に示されるようにアプリケーション管292が封入アセンブリ200の入口290にプラズマ遊離基を出力するようにチャンバ15の本体の底に取り付けられ接続される。遊離基は、入口290を介して、好ましくはポリテトラフルオロエチレン(PTFE)でできたライナー291を備える封入アセンブリ200内の通路へ入力される。Teflon(登録商標)PTFEのような市販のPTFEは、入口290における反応性化学入力からのエッチング又は堆積に耐性がある。ライナー291は、清浄プロセス中通路でのフッ素基再結合を防止する。PTFEのほかに、ライナー291は、PFA(ポリテトラフルオロエチレン樹脂の炭素-フッ素骨格とペルフルオロ

ルコキシ側鎖とを組合わせるポリマーである)のようなフッ素化ポリマー、フッ素化エチレン-プロピレン(TFE)等を含むフッ素化材料で製造される。通路は、断面が好ましくは円形又は入口290とアプリケーション管292の断面が合う他のタイプの断面である。封入アプリケーション管200のこの裏打ちした通路から、プラズマ遊離基がゲートバルブ280へのクリーンガスマニホールド270内の導管47へ流し込まれる。クリーンガスマニホールド270もPTFEでつくられる。PTFEがフッ素基によるエッチングに耐性があるので、PTFEはフッ素基がプラズマ中に生成される洗浄用に好ましい。クリーンガスマニホールド270とライナー291の双方が、用いられる反応性ガスに基づく個々の化学に耐性のある他の材料(上記ライナー291について述べたもの)で製造されることは当然のことである。

【0114】ある実施態様においては、上述したようにゲートバルブ280は堆積プロセスからクリーンプロセスを分離する。ゲートバルブ280は、チャンバ15が堆積、リフロー又はドライブインステップに用いられる間、通常閉じられたままである。閉じた配置では、ゲートバルブ280は清浄プロセスに用いられる導管47内の粒子が堆積処理中にウェハを汚染することから防止し、堆積中に導管47及び通路の「あき」容積を減少させる。約200 torr〜760 torrの圧力における堆積が開放したゲートバルブ280で起こる場合には、堆積はアプリケーション管292内で引き起こされ、洗浄プロセスの汚染をまねく。ゲートバルブ280は、導管47からの反応性化学による損傷又はそれによる閉鎖バルブ280上への堆積を最少にするためにPTFE(又は上記ライナー及びマニホールド270について述べたものと同様の材料)で製造されることが好ましい。好適実施態様においては、ゲートバルブ280は粒子グレードゲートバルブである。ゲートバルブ280を用いる実施態様においては、チャンバ15がウェハ洗浄ステップに用いられる場合又はチャンバ洗浄が行われる場合のみゲートバルブ280が開放され、図7に見られるようにプラズマ遊離基がガス混合ボックス273の流体通路293へ流し込まれる。上述したように、ある実施態様においてはゲートバルブ280は全く用いられない。そのときにはプラズマ遊離基が環状通路295を通してチャンバ15にガス分配プレート20を介して流し込まれる。そのようにして分配プレート20及びチャンバ15の各部分が洗浄される。次に、残留物及び使用洗浄ガスが上記排気系でチャンバ15から排気される。チャンバ15の洗浄プロセス及びウェハ表面の洗浄は下で詳細に述べられる。

【0115】F. 終点検出系

図25〜図28は、本発明の他の態様によるマイクロ波プラズマ系55の洗浄終点検出系800である。上述したように、装置10は、金属混入を減少させるために従

来のその場プラズマプロセスの代わりにリモートマイクロ波技術を用いる熱洗浄法を用いることが好ましい。本発明では、物理的スパッタリング作用がチャンバ壁内のアルミニウムと反応すると共に処理ウェハ中にアルミニウム金属の混入をまねくことがあるその場プラズマプロセスを用いるのと同様に、リモートマイクロ波プラズマ系55を用いる穏やかな洗浄法は化学反応のみ用いる。

【0116】リモートプラズマ系55を用いる洗浄プロセスでは、エッチングガス、好ましくはたいていフッ素基がチャンバ内に進められ穏やかな熱清浄が起こるがプラズマはチャンバと離れたままである(即ち、アプリケーション管292内、図24参照)ようにチャンバ15から離れて生成される。このプロセスはチャンバ15及び/又はチャンバ15の成分内のウェハを洗浄するために多くの利点があるが、チャンバ内にプラズマがないことは従来の終点検出系を用いて洗浄が完了した時間、即ち、チャンバ内の最後のプロセスガス残留物が洗浄エッチング剤と反応したのでチャンバから放出される場合を正確に示すことを困難にする。従来の終点検出系は、典型的には、チャンバ内のプラズマの使用をあてにし、その場プラズマからの放出をチェックして清浄プロセスの終わりを求めるものである。

【0117】しかしながら、本発明の終点検出系は、マイクロ波プラズマ系55によって示されるようにその場プラズマ或いはリモートプラズマで用いられる。例えば、具体的なプロセスにおいて、チャンバ内のSiO₂粉末残留物と反応させるためにフッ素系ガスが用いられてSiF₄ガスを生成し、これが真空ポンプでチャンバから引き抜かれる。チャンバ内のSiO₂の実質的に全てが消費された場合、フッ素系ガスはSiF₄を生成するためにSiO₂と反応することができない。代わりに、フッ素系ガスはチャンバ15を汚染し始めるか又は、例えば、チャンバのアルミニウム壁と反応してフッ化アルミニウム化合物を生成する。結果として、近似の終点又は最後のSiO₂残留物がフッ素ガスと反応した点を求めることが重要であるのでフッ素基がチャンバ15に入ることを防止するためにゲートバルブ280が閉じられる。後述されるように、本発明の終点検出系800は、SiF₄のような排気されたクリーンガス反応成分による光の吸光度に基づいて生じる光の強さの変化を検出することにより洗浄プロセスの終点を求める。

【0118】図25に示されるように、洗浄終点検出系800は、分離バルブ371とスロットバルブ373間の放出導管60に沿って配置されたガス検出器802が含まれる。ガス検出器802が装置10の排気系内の他の位置に配置されてよいことは当然のことである。例えば、検出器802は、図26に示されるようにスロットバルブ373の下流に配置される。他の実施例では、検出器802は、図27に示されるように導管60

からの試料ガス流を入れるバイパスライン804に沿って配置される。この実施例においては、バイパスライン804はライン804を通過する流量を変えるか又は、例えば、チャンバ内のウェハのガス処理中のバイパスライン804に沿ったガスフローを完全に止める制御バルブ806が含まれる。

【0119】図28に関して、ガス検出器802の好適実施例をここに述べる。図示されるように、検出器802は、チャンバからのガス及び他の残留物を通過させる導管60と通じている通し穴806を画成するハウジング804が含まれる。1対のフランジ808、810は、ハウジング804を導管60に取り付けることが好ましい。ハウジング804の側壁は、遠赤外線を通過させるように配置される1対の赤外線(IR)の窓812、813が含まれる。遠赤外線は、約10 μ mで始まる波長を有する。IRの窓812、813は、長さLで隔置され、ゼロ又は実質的にほとんどない光線が窓812、813によって吸収されるように遠赤外線に実質的に透過的な材料を含むことが好ましい。更に、IR窓812、813材料は、プロセス適合性でプロセスガス及びクリーンガス化学に対して不活性でなければならず、膜を汚染してはならない。フッ素基が洗浄プロセスに用いられる実施例では、窓812及び813は、フッ素に耐性がある。IR窓812、813に好適な材料は、ゲルマニウム、フッ化カルシウム等が含まれる。

【0120】図28に概略図で示されるように、検出器802は、遠赤外線を生成しかつその光線を窓812、813を通して透過するので光線が通し穴806を通過するハウジング804に適切に連結された遠赤外線ランプ814が含まれる。IR検出器816は、窓813を通過する遠赤外線を受け取り検出する位置でハウジング804に連結される。好ましくは、遠赤外線ランプ814は、光ノッチフィルタを有するタングステンランプである。

【0121】本発明が使用中である場合、クリーンガス反応成分(例えば、SiF₄)は導管60及び検出器802の通し穴806に沿って進められる。遠赤外線ランプ814は、窓812、通し穴806及び窓813を通過して遠赤外線を透過し、検出器816で受け取る。光線がクリーンガスSiF₄を通過するので、これらの反応成分(即ち、シリコン)は遠赤外線の一部を吸収し、検出器816によって受け取られる光の強さを低下させる。フッ素は遠赤外線を吸収しない。従って、検出された遠赤外線の強さが標準値まで増加する場合、検出器816はコントローラ(図示せず)に信号を送り、導管60を通過するSiF₄の濃度がかなり低下したか又は完全に停止したことが示され、洗浄終点が到達したことが示される。この点で、コントローラは適切な信号をプロセス50に送り、ゲートバルブ280を閉鎖しかつエッチングガスがチャンバに入らないように防止する。上

記の具体的な洗浄プロセスにおいて、終点検出系880は、約10 μ mの波長で光線を吸収するクリーンガス反応成分SiF₄及び約5 μ m~6 μ mの波長で光線を吸収するフッ素によって吸収される遠赤外線を供給する供給源814及び検出する検出器816を使用する。他の実施例においては、供給源814及び検出器816は異なる波長を示すことができ、クリーンガスプロセスで用いられる個々のクリーンガス反応成分の吸光度特性に左右される。

【0122】一例として、I₀はSiF₄が導管60を流れてなく検出器816がランプ814から全部の強さを受け取る場合の遠赤外線の強さである。SiF₄が洗浄中通し穴806を流れるにつれて、遠赤外線が吸収されかつ検出器816で受け取られる強さ(I)が減少する。下記式で示される。

$$【0123】 I/I_0 = \exp(-X \cdot L \cdot C)$$

式中、XはIR窓812、813又はフィルタ(図示せず)の吸光係数であり、Lは窓812、813(図28参照)の長さであり、Cは検出器802を通過するSiF₄の濃度である。I/I₀が1の値に達するとSiF₄の濃度は低下し、洗浄終点が近いことを意味する。洗浄終点が到達したことを意味するこの値が1に近づくまでコントローラはI/I₀を絶えずモニタする。

【0124】上記の説明はマルチチャンバ処理系のCVDチャンバに関するものであるが、他のプラズマエッチングチャンバ、物理的堆積チャンバ等について本発明のある種の特徴を実施することは可能である。従って、上記の説明及び例示は前述の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲を限定するものとして用いられるべきではない。本発明は上に記載された及び同封図面に示された枚葉式ウェハチャンバに限定されないことは留意されるべきである。例えば、本発明のスロットルバルブは、複数のウェハを同時に処理するバッチチャンバへ取り付けられる。更に、本発明は、各々のウェハについて個々の処理ステップを連続して行うマルチウェハチャンバで使用するのに適している。

【0125】II. CVDリアクタ系を用いる高温多段プロセス

A. 具体的な構造と応用

図29は、本発明の集積回路900の簡易断面図である。図示されるように、集積回路900はNMOS及びPMOSトランジスタ903及び906が含まれ、シリコン(LOCOS)の局部酸化又は他の手法によって形成された酸化物電界領域920によって相互に分けられ及び電気的に分けられる。また、トランジスタ903及び906は、トランジスタ903及び906が両NMOS又は両PMOSである場合に浅いトレンチ分離(図示せず)によって相互に分けられ及び電気的に分けられる。各トランジスタ903及び906は、供給源領域912、ドレーン領域915及びゲート領域918を含

む。

【0126】含金属誘電(PMD)層は、金属層940と接触部分924でつくられたトランジスタ間の接続部分でトランジスタ903と906を金属層940から分けられる。金属層940は、集積回路900に含まれた4つの金属層940、942、944及び946の1つである。各金属層940、942、944及び946は各金属間誘電層927、928及び929で隣接の金属層から分けられる。隣接の金属層は、ビア926による選定開口で接続される。金属層946上に堆積されると不活性化層が平坦化される。CVD装置10は、例えば、PMD層921、IMD層927、928及び929又は不活性化層として用いられる膜を堆積させるために用いられる。CVD装置10は、また、LOCOS酸化物電界領域920の代わりに用いられる浅いトレンチ分離構造の酸化物充填層を堆積させるために用いられる。

【0127】上記CVD装置の使用の他の例は、図29の具体的な集積回路900に示された超薄供給源及びドレーン領域912及び915を形成するものである。MOSトランジスタのソース/ドレーン領域を形成するのに超薄ドーブ接合部分を形成する本方法の適用を一例として図30～図34で述べる。

【0128】図30は、部分的に完全なMOSトランジスタの簡易断面図である。単に一例として、MOSトランジスタ1000はPMOSトランジスタである。NMOSトランジスタも形成されることは当然のことである。PMOSトランジスタ1000については、用いられるドーブ誘電層1008はP形ドーバント源としてのBSG膜とすることができる。図30に見られるように、ゲート酸化物1003の上にあるゲート電極1002は材料1004上にすでに形成されている。本例では、材料1004はN形基板又は基板内に形成されるNウェルとすることができる。酸化物電界領域1006は、シリコン局部酸化(LOCOS)のような方法で形成される。超薄ドーブ接合部分が所望される領域は、マスクを用いて画成される。本例においては、該領域はソース/ドレーン領域1010及び1012であるが、軽ドーブドレーン(LDD)領域を形成するように画成される。下で詳述されるプロセスレシピと共に上記CVDリアクタ系を用いると、ドーブ誘電層1008は耐熱ヒータ25上に載っているウェハのソース/ドレーン領域1010及び1012上に形成される。

【0129】ソース/ドレーン領域1010及び1012上にドーブ誘電層1008を形成させる前に、ソース/ドレーン領域1010及び1012の表面について、上記リモートマイクロ波プラズマ系55からのNF₃のような反応性ガスで形成されたプラズマ或いは熱NF₃蒸気を用いることにより存在することができるゲート酸化物又は未変性酸化物が洗浄される。洗浄手順で、ソー

ス/ドレーン領域1010及び1012の表面上に存在することができる酸化物を洗浄するためにNF₃からのフッ素基がチャンバ15に入ることができるようにゲートバルブ15が開放される。これらの酸化物を洗浄するとソース/ドレーン領域1010及び1012上に形成されるドーブ誘電層1008からの一致したドライインドーバントを可能にする。リモートプラズマからのフッ素基は、チャンバ15内のウェハから未変性酸化物を洗浄するために用いられる。洗浄手順では、ウェハ上のデバイスを損傷することなくフッ素基が酸化物を最適に洗浄することができる位置にヒータ25が調整される。好ましくは、その未変性酸化物除去/洗浄ステップ及びドーブ誘電層1008の堆積がその場方法で同じチャンバ内で行われる。上記CVD装置10の使用は、チャンバ15の真空は破壊されずかつウェハが環境に曝露されないでウェハによる水分吸収を回避する。また、望まれていない酸化物はその場でNF₃を熱分解することによりウェハから洗浄される。この代替方法においては、フッ素基は、約200～1500標準立方センチメートル/分(sccm)、好ましくは約500sccmのNF₃及び場合によっては約0～1000sccmのO₂をチャンバ15に導入することによりチャンバ15内でその場で生成される。同時に、チャンバ15は約500℃～650℃、好ましくは600℃まで加熱され、約60torr～760torr、好ましくは400torrの圧力で維持され、ヒータ25は約4mm～22mm(約150～900mil)、好ましくは約15mm(約600mil)でプレート20から隔置される。従って、ソース/ドレーン領域1010及び1012の表面の未変性酸化物バリアが洗浄される。

【0130】洗浄ステップ後、ある実施例のゲートバルブ280は、ドーブ誘電層堆積プロセスに用いられる反応性ガスを導管47の表面に入りかつ堆積することから締め出すために閉鎖される。ヒータ25は、適切な処理位置に移動し、所望のプロセスレシピに従ってチャンバ15の真空中指定の温度まで加熱する。次に、ドーブ誘電層1008は、下記のようにCVD装置10内で高温(約500℃～600℃)において形成される。未変性酸化物バリアをもたずに、ウェハ上に形成されたドーブ誘電層1008からのドーバントは基板内に運ばれて超薄ソース/ドレーン領域1010及び1012を形成する。

【0131】ドーブ誘電層1008の堆積後、ウェハはチャンバ15内にある。次に、耐熱ヒータ25とその上のウェハは高温(約800℃)に指定の時間加熱する。加熱ステップは、ドーブ誘電層をN形材料1004へドーバントを運ぶ。ドーブ誘電層1008は、図31に示されるように得られた超薄接合部分1020のP形ドーバント拡散供給源として用いられる。ゲートバルブ280がそのドライインステップ中閉じられたままであることは当然のことである。その場加熱される代わりとし

て、ウェハは、ドーパント拡散源として作用するドーブ誘電層1008からドーパントをドライブインするためアニール電気炉又は急速熱処理リアクタ（好ましくはマルチチャンバ系）へ移される。拡散は、アニール又は又は急速熱処理によって行われる。好ましくは、これらの他の実施例においては、拡散は急速熱処理を用いて（良好なスループットのために）約950℃～1100℃で約1分～3分間、好ましくは約100℃で約1分間行われる。

【0132】拡散後、ドーブ誘電層1008はN形材料1004からドライ又はウェットエッチング法又は他の除去法によって除去される。CVD装置10は、また、適切なエッチング化学と共にリモートマイクロ波プラズマ系55を用いることによりドーブ誘電層1008を除去するために用いられる。その誘電層除去ステップについては、除去が完了するまで、そのときゲートバルブ280は閉じられているが、リモートプラズマが層1008をエッチングすることを可能にするためにゲートバルブ280は開放される。除去ステップはチャンバ15内のヒータ25からウェハを移すことなくその場で行われる。また、除去ステップは、CVD装置10と同じマルチチャンバ系内で誘電層除去のために離しておいた他のチャンバ内で行われ、マルチチャンバの真空外部の環境にウェハを曝露することを回避する。図32は、ドーブ誘電層100の除去後の部分的に完全なPMOSTランジスタ1000である。PMOSTランジスタ1000は、ゲート電極1002及び超薄P形ドーブ接合部分である隣接のソース／ドレイン領域1020が含まれる。その後、デバイスの完了のために残りのプロセスステップがウェハ上で行われる。

【0133】全てのウェハ（又は数枚のウェハ）がCVD装置10のチャンバ15内で処理された後、チャンバ洗浄が行われる。ウェハの処理がチャンバ15内で完了した後、ウェハはスロット243を通して移され、真空密閉される。次に、ゲートバルブ280が開けられ、チャンバが終点検出系によって示される仕様に洗浄されるまでリモートマイクロ波プラズマ系55を用いてチャンバ洗浄プロセスを行うことを可能にする。

【0134】他の実施例においては、図33～図34に示されるステップが図30に記載されるステップ後に行われる。ドーブ誘電層1008が図30に見られるようにソース／ドレイン領域1010及び1012及びゲート電極1002上に形成された後、ドーブ誘電層1008の上にあるUSGのようなキャッピング層1030が、好ましくはチャンバ15内のその場プロセスで形成される。層1008の堆積中、ゲートバルブ280は閉じられたままである。次に、上記図31について述べられたようにドーブ誘電層1008から半導体材料1004へ拡散させるために基板が加熱される。また、ウェハは、上記図31について述べられたようにドーパントを

ドーブ誘電層1008から拡散させるアニール電気炉又は急速熱処理リアクタへ移すためにチャンバ15から取り出される。好ましくは、チャンバ15（ドーブ誘電層1008及びキャッピング層1030が堆積された）が一部である同じマルチチャンバ系で急速熱処理を行う。図34に見られるように、キャップ層1030が上にあるドーブ誘電層1008からのドーパントが半導体材料1004に拡散して超薄ソース／ドレイン接合部分1020を形成する。次に、キャップ層1030及びドーブ誘電層1008が上記のように離れてエッチングされて残りの処理ステップのために図32に示されるように部分的に完全なPMOSTランジスタ1000を得る。約0.25μm デバイスの形については、ホウ素原子を拡散させると、約100オングストローム～200オングストロームのUSG膜でキャップされた約100オングストローム～200オングストロームのBSG膜厚が形成され、PMOSTランジスタの好適実施例の約0.05μm～約0.1μmの範囲の接合部分が得られる。

【0135】NMOSTランジスタ1000がゲート電極1002及びN形超薄接合部分が本発明の他の実施例に従ってドーパント源としてPSG膜又はヒ素ドーブケイ酸塩ガラス膜のようなドーブ誘電膜1008を用いてP形半導体材料1004に形成されるソース／ドレイン領域1010及び1012が含まれる。P形材料1004はP形基板又は基板内に形成されたPウェルとすることができる。約0.25μm デバイス形については、約100オングストローム～200オングストロームのPSG膜厚と約100オングストローム～200オングストロームのUSG膜により、好適実施例の約0.05μm～約0.1μmの範囲の深さの半導体材料の中に運ばれたリンが得られる。用途によってN形又はP形超薄接合部分を得るために他のドーブケイ酸塩ガラス膜が用いられることが認識されることは当然のことである。

【0136】本発明の使用の他の例は、デバイス間の浅いトレンチ分離構造にチャネルストップとして超薄ドーブ領域を形成するものである。超薄チャネルストップ領域を形成する本方法の適用を図35～図41について述べる。

【0137】図35は、半導体材料1100に形成された部分的に完全な浅いトレンチ分離構造の簡易断面図である。図35に見られるように、トレンチ1102は反応性イオンエッチング、プラズマエッチング又は他の手法を含む異方性エッチング法を用いて半導体材料1100に形成される。本例においては、半導体材料1100はP形基板又は基板内に形成されるPウェルとすることができる。マスク1104は、浅いトレンチ分離でチャネルストップ領域を画成するために用いられる。下で詳細に述べられるプロセスレシピを用いて、ドーブ誘電層1106がマスク1104を用いてトレンチ1102上に形成される。ドーブ誘電層1106は、導電路を半導

体材料1100のデバイス間に形成することから防止するために用いられるチャンネルストップドーピング領域を拡散及び形成するドーパント原子源を供給する。P形材料1100については、ドーブ誘電層1106はP形ドーパント源としてBSG膜とすることができる。

【0138】トレンチ1102上にドーブ誘電層1106を形成する前に、トレンチ1102の表面について、後述されるNF₃のような反応性ガスを用いて形成されるリモートプラズマ中のフッ素基を供給するリモートマイクロ波プラズマ系55を用いることにより存在することができるゲート酸化物又は未変性酸化物が洗浄される。洗浄ステップ中、ゲートバルブ280は導管47から現状の外部通路297を介して及び分配プレート20を介してチャンバ15へフッ素基が流れるように開放する。その上にウェハを有するヒータ25は洗浄の位置に下げられるので、フッ素基が基板を損傷することなくトレンチ1102の表面に存在することができる望ましくない酸化物のウェハを洗浄することができる。その酸化物を洗浄すると、トレンチ1102上に形成されるドーブ誘電層1106からの一致したドライブインのドーパントを可能にする。洗浄ステップ及びドーブ誘電層1106の堆積は、その場プロセスでチャンバ15内で行われる。代替的实施例においては、洗浄ステップは上記のようにNF₃をその場熱分解することにより行われる。次に、NF₃プラズマ又は蒸気からのフッ素基が、トレンチ1102の表面に存在することができる酸化物を洗浄する。他の代替的实施例においては、上記のマルチチャンバ系の別個のチャンバがその洗浄ステップに用いられる。ウェハによる水分吸収はチャンバ15（或いはマルチチャンバ系）の真空を破壊しないことにより回避されるので、トレンチ1102の表面は未変性酸化物バリヤがない。洗浄ステップが行われた後、ゲートバルブ280は閉じられる。未変性酸化物バリヤをもたずに、ドーブ誘電層1106からのドーパントは基板内に容易に及び均一に運ばれて浅いトレンチ分離を与えるチャンネルストップ領域として用いられる超薄接合部分を形成する。その上にウェハを有するヒータ25は、処理位置に移動され、層1106を堆積する高温（約500℃～700℃）に加熱される。

【0139】ドーブ誘電層1106の堆積後、ウェハはドライブインステップのチャンバ15内のままである。ゲートバルブ280は閉じられたままであり、ヒータ25は高温（約800℃）に加熱される。加熱は、拡散に必要とされる所望の接合深さに基づく指定の時間生じる。また、ウェハはドーパントをドーブ誘電層からP形材料1100へ送るためにアニール電気炉又は急速熱処理リアクタ（好ましくはマルチチャンバ系内）に移される。ドーブ誘電層1106は、図36に示されるように得られた超薄チャンネルストップ領域1108のP形ドーパント拡散源として用いられる。超薄チャンネルストップ

領域1108はP形材料1100に形成されたP+形領域である。

【0140】拡散後、ドーブ誘電層1106はウェットエッチング法又は他の除去法によりP形材料1100から除去される。好ましくは、ウェハはチャンバ15内のままであるのでゲートバルブ280は開放されると共にリモートマイクロ波プラズマ系55からの遊離基は層1106からエッチングすることができる。プラズマ系55への反応性ガス入力は、ドーブ誘電層1106の種類に左右されることは当然のことである。図37は、ドーブ誘電層1106の除去後の部分的に完全な浅いトレンチ分離構造である。図38に見られるように、トレンチ1102は、次に、酸化物1110で充填されて浅いトレンチ分離構造を形成する。好適実施例においては、高温で堆積した高品質USG膜は高アスペクト比のトレンチを充填する酸化物1110として用いられる。酸化物1110は他の堆積法を用いても形成される。

【0141】超薄チャンネルストップ領域1108を有する浅いトレンチ分離構造を完了した後、浅いトレンチ分離構造で分けられたデバイス1112及び1114が図39に示されるように形成される。デバイス1112及び1114は各々、ゲート電極1116及び隣接のソース/ドレイン領域1118及び1120が含まれる。その後、デバイスを完成させる残りのプロセスステップが、ウェハを他のチャンネルに移すことにより、好ましくはマルチチャンバ系で行われる。ウェハをチャンバ15から移した後、上記図30～図34に関して述べられたように、リモートマイクロ波プラズマ系55を用いてチャンバ洗浄が行われ、耐熱ヒータ25は洗浄位置に調整され、ゲートバルブは開放する。

【0142】代替的实施例においては、図35に示されたステップ後に図40～図41に示されるステップが行われる。ドーブ誘電層1106が図35に見られるようにトレンチ1102及びマスク1104上に形成された後、ドーブ誘電層1106の上にあるUSGのようなキャッピング層1110がその場プロセスでチャンバ15内で形成される。キャッピング層1110の堆積中、ゲートバルブ280は閉じられる。次に、上記図36について述べられたように、キャップしたドーブ誘電層1106から半導体材料1100へドーパントを拡散させるドーパントドライブインのために基板がチャンバ15内でその場加熱される。また、上記図36について述べられたようにキャップされたドーブ誘電層1106から半導体材料1100へドーパントを拡散させるアニール電気炉アルミニウム急速熱処理リアクタ（好ましくはマルチチャンバ系内）へ移すためにウェハがチャンバ15から取り出される。図41に見られるように、キャップ層1110が上にあるドーブ誘電層からのドーパントが半導体材料1100内に拡散されて超薄チャンネルストップ領域1108を形成する。キャップ層1110はドーブ

誘電層1106から上向きのドーパントのガス抜きを最少にし、基板材料1100へ拡散するドーパントが多くなる。拡散ステップが行われた後、ゲートバルブ280は開放されると共にキャップ層1100とドーパ誘電層1106の双方が適切なエッチング化学によるリモートマイクロ波プラズマ系55を用いてエッチングされて図38〜図39の残りの処理ステップのための図37に示される部分的に完全な浅いトレンチ分離を得る。ウェハがチャンバ15から移される場合、ゲートバルブ280は閉鎖された位置にある。次に、ゲートバルブ280を開放したプラズマ系55を作動させることによりチャンバ15のチャンバ洗浄が行われる。

【0143】P形基板のNMOSTランジスタ間の浅いトレンチ分離については、ドーパ誘電膜1106がBSG膜とすることができる。N形基板(又はCMOS回路のNウェル)のPMOSTランジスタ間の浅いトレンチ分離については、ドーパ誘電膜1106はPSG膜又はヒ素ドーパケイ酸塩ガラス膜とすることができる。深さが約0.5 μ mのトレンチ1102を有する0.35 μ m未満のような小さいデバイス形については、約0.1 μ m接合深さのチャネルストップ領域1108が、本発明の好適実施例の厚さ約200オングストロームのBSG膜1106及び厚さ約200オングストロームのUSGキャッピングを用いて形成される。

【0144】簡易集積回路900が単に説明のためのものであることは理解されなければならない。当業者は、マイクロプロセッサ、応用特定集積回路(ASIC)、メモリデバイス等の他の集積回路の製造に本方法を実施することができる。更に、本発明はPMOS、MNOS、CMOS、バイポーラ又はBiCMOSデバイスに適用される。超薄ソース/ドレーン接合部分及び超薄トレンチ分離用途が上述されているが、本発明は超薄ドーパ領域が所望される他の用途にも用いられる。本発明は、また、PMD、IMD、不活性化及びタマスカス層を含む集積回路デバイスの種々の層として有用な非ドーパ酸化物及びドーパ酸化物を形成するのに用いられる。

【0145】本発明の種々の実施例に従ってチャンバ15内のその場又は個々に操作する具体的なウェハ洗浄、堆積及びチャンバ洗浄プロセスを下記に述べる。

【0146】B. 堆積前の未変性酸化物の洗浄

本発明の個々の実施例によれば、超薄ドーパ接合部分が所望されるシリコン基板又は領域上に存在することができる未変性酸化物が例えば、ドーパント拡散源又はPMD層として用いられるドーパ誘電層の堆積前に洗浄される。その実施例においては、リモートマイクロ波プラズマ系55によってNF₃のような反応性クリーンガスで生成されたプラズマからのフッ素基を用いることにより未変性酸化物が洗浄される。1チャンバ内或いは同じマルチチャンバ系のチャンバ内のその場プロセスを用いる

とその個々の実施例に従って生成された超薄接合部分の高品質が可能であると共に含水量が少なくかつ縮みの小さい誘電層を与えることが可能である。

【0147】個々の実施例においては、チャンバ15は全洗浄プロセスについては堆積温度、約300°C〜650°Cの範囲の温度、好ましくは約550°C〜600°Cで維持される。チャンバ15は、その温度を維持しつつ約1 torr〜2 torrの範囲の圧力、好ましくは約1.5 torrで維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から15 mm (約600 mil)の位置に移動され、ゲートバルブ280は開放され、クリーンガスNF₃は約600 sccmの速度でアプリータ管292へ導入される。クリーンガスはアプリータ管292へ導入され、圧力が約3秒間安定化された後にマイクロ波エネルギーがアプリータ管292内のNF₃に加えられる。次に、CWモードで作動させるマグネトロン711から約500〜2500ワット、好ましくは約1000〜1500ワットのマイクロ波電力が約5〜10秒間加えられる。マイクロ波は、上記のようにマグネトロン711から導波管及び最適化系を介して伝搬されて窓を通してアプリータ管292に入る。UVランプ731はアプリータ管292内の反応性ガスを点火してプラズマを生成し、イオン化は窓でアプリータ管292に入るマイクロ波エネルギーによって維持される。アプリータ管292で生成された上流プラズマからの遊離基は入口290に流れ込むように出力される。遊離基は、封入アセンブリ200内の裏打ちされた通路をクリーンマニホールド270の導管47へ開放ゲートバルブ280を介して及び環状外部通路297へ流れてチャンバ15を入りかつウェハから未変性酸化物を洗浄する。次に、使用したクリーンガス反応成分及び酸化物残留物はチャンバ15から開放スロットバルブを介して排気される。本説明は全容量が約6リットルのチャンバ15についてのものである。フロー値が他の実施例において用いられるチャンバのサイズ及び種類によって異なってよいことは認識される。

【0148】個々の実施例においては、約1 torr〜2 torrより低い圧力で維持されたチャンバ15において、フッ素化学種の急速な除去が生じ、悪い洗浄結果となる。約1 torr〜2 torrより高い圧力では、衝突損失並びに過熱を引き起こすこと及びアプリータ管292に対する損傷のために再結合を起こすことがある。チャンバ15は、フッ素化学種が急速に除去されず、再結合が起こらずかつアプリータ管292が壊れない圧力レベルで維持されなければならない。ある実施例においては、マイクロ波電力が印加される場合、チャンバ圧力はアプリータ管292の物理的大きさ及び材料によって制限される。個々の実施例においては、マイクロ波電力が印加される場合、アプリータ管292の圧力は最適チャンバ圧力の約3倍となることができる。異なるアプリータ管が異なる流速で用いられる場合、最適チャンバ圧力は

変動する。マイクロ波が加えられることなくアプリケーション管292が用いられる場合、いかなる圧力も用いられることは当然のことである。

【0149】プラズマがウェハの上流に生成されるので、プラズマ中の反応性フッ素基のみがウェハに達することができて未変性酸化物をウェハから洗浄する。上記のように、洗浄ステップは厚さ約90オングストロームの典型的な未変性酸化物については約5秒~10秒間行われることが好ましい。上記洗浄ステップは約2 μ m/分の速度で未変性酸化物をエッチングする。洗浄ステップの全時間がウェハから洗浄される個々の酸化物の厚さに左右されることは当然のことである。本発明のリモートマイクロ波プラズマ系55において、未変性酸化物又は他の酸化物がエッチングされ、ウェハに対するプラズマ損傷が回避される。

【0150】上記ウェハ洗浄プロセス条件は本実施例の具体例であるが、他の条件も用いられる。上記説明は、下記の種々の堆積の説明のように単に一例として200mmウェハに適合したApplied Materialsから市販されているGiga Fill(登録商標)CenturaシステムにおいてNF3を述べている。しかしながら、NF3とN2、NF3とアルゴン、NF3とO2、希釈F2、CF4、C2F6、C3F8、SF6又はC12等の他のフッ素含有又は塩素含有ガスも同様に用いられる。

【0151】C. 具体的なケイ酸塩ガラス堆積

本発明の方法によれば、ドーパント源として用いられる誘電層、PMD層、IMD層、酸化物充填層、キャッピング層又は他の層が数種の異なるプロセスのいずれかを用いて形成される。BSG膜、PSG膜、BPSG膜及びUSG膜のプロセスレシピが本発明に用いられるドーブ及び非ドーブ誘電層の例として示される。種々の誘電膜の下記の堆積で、ゲートバルブ280は閉じられたままである(他の実施例のリモートプラズマ系55が堆積に用いられないかぎり)。具体的なプロセスは、CVD装置10で行われ、好適実施例では密閉された枚葉式ウェハSACVD系である。

【0152】CVD装置10は、また、BPSG、ヒ素ドーブケイ酸塩ガラス(AsSG)又は他の誘電層も同様に堆積する異なる及び/又は追加の入力ガス供給源と共に用いられる。当業者はプラズマ増強CVD(PECVD)のような他のプロセスレシピ及び他の反応系が誘電膜を堆積するために用いられることを理解することは当然のことである。ホウ素源の例としては、TEB、ホウ酸トリメチル(TMB)、ジボラン(B2H6)及び他の類似化合物が挙げられる。リン源の例としては、リン酸トリエチル(TEPO)、亜リン酸トリエチル(TEPi)、リン酸トリメチル(TMOP)、亜リン酸トリメチル(TMPi)及び他の類似化合物が挙げられる。BSG又はPSG膜のほかに、ヒ素ドーブ酸化物又はケイ酸ヒ素ガラス(AsSG)も、例えば、ヒ素化合物と

の液体源又は、具体例としてアルゴンで希釈されたヒ素化合物を用いて堆積される。シリコン源の例としてはシラン(SiH4)、TEOS又は類似シリコン源が挙げられ、酸素としてはO2、O3、マイクロ波生成原子酸素(O)等が挙げられる。下記の説明では、液体源の流速はミリグラム/分(mgm)で示され、ガス流速は標準立方センチメートル/分(sccm)で示される。その説明では、液体源は精密液体注入系を用いて気化され、液体流速を約1.923倍することにより液体流速mgmをガス流速sccmに変換されるので流動率が算出される。好ましくは、安定なドーブ誘電膜がSACVDプロセスでTEOS/O3化学を用いて形成され、ある実施例においては損傷のない均一にドーブされた超薄接合部分を形成する。他の実施例においては、低含水量のドーブ誘電膜がSACVDプロセスによるTEOS/O3化学を用いて形成されてアスペクト比ギャップフィルの高い、縮みの少ない、金属混入の低い及びフッ素取込みの小さい平坦化絶縁層を得る。

【0153】1. 具体的なBSG膜堆積

単に一例として、下記に述べられるBSG膜堆積はドーバント拡散源として用いられるドーブ誘電層として有用であるBSG膜を形成することができる。レシピがBSG層の個々の使用及び所望の品質に基づいて異なるとよいことは当然のことである。ドーバント拡散源として用いられるドーブ誘電層として形成されるPSG層は、下記のレシピを用いかつドーバント源を用いられるガスに置き換えて同様に形成される。

【0154】具体的なBSGバルク膜は、ウェハ及びヒータ25を約200℃~650℃の温度、好ましくは約400℃~650℃の温度、最も好ましくは約500℃に加熱し、この温度範囲を堆積の間維持することにより堆積する。閉鎖したゲートバルブ280と共に、チャンバ15は約10torr~760torrの範囲の圧力で維持される。好ましくは、圧力は約400torr~600torrの範囲内で維持され、最も好ましくは約600torrで維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約3mm~8mm(約150~300mil)に配置され、プレート20から約6mm(約250mil)に配置されることが好ましい。

【0155】ホウ素源としてTEB、シリコン源としてTEOS及び酸素のガス源としてO3を含むプロセスガスが生成される。液体であるTEB及びTEOS源は気化された後に、ヘリウムのような不活性キャリアガスと混合される。液体は、ガス混合系93内の液体注入系によっていずれも気化され、導入した反応成分液体の容量の制御が大きい。TEBの流速は所望のドーバント濃度に基づいて約50~550mgmであり、TEOS流速は約300mgm~1000mgm、好ましくは約500mgmである。次に、気化したTEOS及びTEBガスは、3000sccm~6000sccmの速度、好ましくは約400

0 sccmの速度で流れているヘリウムガスキャリアと混合される。O₃の形の酸素は、約3000 sccm～6000 sccmの流速で導入され、好ましくは約5000 sccmの流速で導入される。オゾン混合物は、約5重量パーセント(wt%)～16wt%の酸素を含有する。ガス混合物は、分配プレート20からチャンバ15へ導入されて反応性ガスを基板表面へ供給し、熱誘導化学反応が起こって所望の膜を生成する。

【0156】上記条件は、500オングストローム/分～1000オングストローム/分の速度で堆積したBSG膜を得ることができる。堆積時間を制御することにより、厚さが約50オングストローム～500オングストローム、好ましくは約100オングストローム～300オングストロームのBSG膜が上記のプロセス条件で約10秒～60秒で形成される。従って、堆積したBSG膜の厚さは容易に制御される。好ましくは、得られたBSG膜範囲のホウ素のwt%は約2wt%～8wt%の範囲であり、好ましくは約6wt%である。

【0157】2. 具体的なPSG膜堆積
単に一例として、下記のPSG膜堆積レシピは、PMD層として有用であるPSG膜を形成することができる。レシピがPSG層の個々の使用及び所望の品質に基づいて異なってよいことは当然のことである。PSG膜のほかには他のドーパント層は、下記のレシピと同様のレシピを用いかつ使用ドーパント源ガスに置き換えることによりPMD層として用いられる。

【0158】具体的なPSGバルク膜は、ウェハ及びヒータ25を約200℃～650℃の温度、好ましくは約400℃～650℃の温度、最も好ましくは約500℃に加熱し、この温度範囲を堆積の間中維持することにより堆積する。閉鎖したゲートバルブ280と共に、チャンバ15は約10 torr～760 torrの範囲の圧力で維持される。好ましくは、圧力は約400 torr～600 torrの範囲内で維持され、最も好ましくは約450 torrで維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約3mm～8mm(約150～300mil)に配置され、プレート20から約6mm(約250mil)に配置されることが好ましい。

【0159】リン源としてTEPO、シリコン源としてTEOS及び酸素のガス源としてO₃を含むプロセスガスが生成される。液体であるTEB及びTEOS源は液体注入系で気化された後に、ヘリウムのような不活性キャリアガスと混合される。TEPOの流速は所望のドーパント濃度に基づいて約10～100 mgmであり、TEOS流速は約500 mgm～1500 mgm、好ましくは約1000 mgmである。次に、気化したTEOS及びTEBガスは、2000 sccm～6000 sccmの速度、好ましくは約4000 sccmの速度で流れているヘリウムガスキャリアと混合される。O₃の形の酸素(約5～16wt%の酸素を有する)は、約2500 sccm～6000 sccmの

流速で導入され、好ましくは約4000 sccmの流速で導入される。ガス混合物は、ガス分配プレート20からチャンバ15へ導入されて反応性ガスを基板表面へ供給し、熱誘導化学反応が起こって所望の膜を生成する。

【0160】上記条件により約1780オングストローム/分の速度で堆積されたPSG膜が得られる。堆積時間を制御することにより、得られたPSG膜中のリンのwt%は約2wt%～8wt%の範囲であり、好ましくは約4wt%である。

10 【0161】3. 具体的なBPSG膜堆積

単に一例として、下記に述べられるBPSG膜堆積はPMD層として有用であるBPSG膜を形成することができる。レシピがBPSG層の個々の使用及び所望の品質に基づいて異なってよいことは当然のことである。

【0162】具体的なBPSGバルク膜は、ウェハ及びヒータ25を約100℃～800℃の温度、好ましくは約400℃～650℃の温度、最も好ましくは約480℃に加熱し、この温度範囲を堆積の間中維持することにより堆積する。閉鎖したゲートバルブ280と共に、チャンバ15は約10 torr～760 torrの範囲の圧力で維持される。好ましくは、圧力は約150 torr～600 torrの範囲内で維持され、最も好ましくは約200 torrで維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約3mm～10mm(約150～400mil)に配置され、プレート20から約8mm(約300mil)に配置されることが好ましい。

【0163】ホウ素源としてTEB、リン源としてTEPO、シリコン源としてTEOS及び酸素のガス源としてO₃を含むプロセスガスが生成される。液体であるTEB、TEPO及びTEOS源は液体注入系で気化された後に、ヘリウムのような不活性キャリアガスと混合される。ホウ素、リン、シリコン及び酸素の他の供給源も用いられることが認識されることは当然のことである。TEBの流速は、約150 mgm～200 mgmであることが好ましい。TEPOの流速は、所望のドーパント濃度に基づいて約10～100 mgm、好ましくは約24 mgmであり、TEOS流速は約300 mgm～700 mgmである。次に、気化したTEO、TEB及びTEOSガスは、2000 sccm～8000 sccmの速度、好ましくは約6000 sccmの速度で流れているヘリウムガスキャリアと混合される。O₃の形の酸素は、約2000 sccm～5000 sccmの流速で導入され、好ましくは約4000 sccmの流速で導入される。オゾン混合物は、約5重量パーセント(wt%)～16wt%の酸素を含有する。ガス混合物は、分配プレート20からチャンバ15へ導入されて反応性ガスを基板表面へ供給し、熱誘導化学反応が起こって所望の膜を生成する。

【0164】上記条件により、3500オングストローム/分～5500オングストローム/分の速度で堆積したBPSG膜が得られる。堆積時間を制御することによ

り、堆積したBPSG膜の厚さは容易に制御される。得られたBPSG膜範囲のホウ素の濃度レベルは2wt%~6wt%であり、リンの濃度レベルは2wt%~9wt%である。

【0165】上記BSG、PSG、BPSGプロセス及び下記のUSGプロセスにおけるパラメーターは、特許請求の範囲を制限するものとしてみなされるべきではない。例えば、本発明は、ヒ素のような他のドーパントでドーパされた酸化シリコン膜に適用できる。他の例として、上記のフロー値は200mmウェハに準備されたチャンバに適用するが、使用チャンバの種類又はサイズによって異なってもよい。当業者は、同様の膜を製造する他の化学、チャンバパラメーター及び条件を用いることもできる。

【0166】膜安定性は、半導体材料へ拡散するドーパ誘電膜中のドーパント原子の利用可能性の要因であることができると考えられる。膜安定性を改善しかつドーパ誘電膜から半導体材料へのドーパント拡散を制御する能力を改善する数種の方法が探究された。記載された各方法は、上記の具体的な堆積レシピの1種のようなレシピを用いて層が堆積した後にドーパ誘電層について行われる。更に、下記の方法はBSG（又はPSG）の処理に関するが、その方法はドーパ酸化シリコン膜にも同様に適用できる。

【0167】4. 具体的なUSG膜堆積

a. 酸化物充填材料又は絶縁層

本発明の実施態様によれば、非ドーパケイ酸塩ガラス（USG）層は、例えば、浅いトレンチ分離に用いられる浅いトレンチを充填する酸化物充填材料として使用するためにCVD装置10で堆積される。KSG膜がIMD層、絶縁層又は他の層として用いられることは当然のことである。下記に述べられる具体的なUSGレシピは、最少の縮みで800℃より高い温度のアニーリングを残存することができる非常に密度の高い及び均一な膜を与える。高アスペクト比のステップカバレッジのギャップフィル性能の優れているUSG膜は、USGのボイドを開けることなく非常に均一なエッチング速度で数回のエッチングプロセスを行わせることができる。USG膜は、また、USGにボイド又はしわを開けることなく化学機械的ポリッシング（CMP）平坦化を行わせることができる。

【0168】ウェハ及びヒータ25は、約200℃~650℃の温度、好ましくは約550℃~650℃の温度に加熱され、この温度範囲を堆積の間維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約6mm~10mm（約250~400mil）に配置され、約9mm（約350mil）が好ましい。閉鎖したゲートバルブ280と共に、チャンバ15の圧力は約10torr~760torr、好ましくは約600torrのレベルで維持される。

【0169】酸素及びシリコン源を含むプロセスガス

は、堆積チャンバへ導入される。好適実施例においては、シリコン源はTEOSであり、酸素源はO₃であるが、当業者にはSiH₄、TMCT又は類似の供給源のような追加のシリコン供給源及びO₂、H₂O、N₂O、マイクロ波生成原子酸素及び類似の供給源も用いられることが認識される。TEOSがシリコン源として用いられる場合、ヘリウム又はN₂のようなキャリアガスが用いられる。TEOSに対するO₃の比は、約2~17:1の範囲であるが、好ましくは約2~6:1である。

【0170】ガス反応成分の最適全流量は、堆積チャンバの形及び設計に応じて異なる。ガスフローも堆積速度を制御するために変動させることができる。典型的には、TEOSは約500mgm~2500mgmの流速で導入され、約2000mgmの流速で導入されることが好ましい。O₃（約5wt%~16wt%の酸素）は約2000sccm~10000sccm、好ましくは約5000sccmの流速で導入される。ヘリウム又は窒素は、2000sccm~10000sccmの流速、好ましくは約7000sccmの流速で導入される。通常、ガスの堆積チャンバへのガスの全流量は、約5000sccm~20000sccm、好ましくは約15000sccmで変動する。上記の条件下、約1450オングストローム/分以上の堆積速度が得られる。上記フロー値は200mmウェハチャンバのためのものであり、使用チャンバのサイズ及びウェハのサイズによって異なる。

【0171】b. キャッピング層

本発明の他の実施例によれば、堆積BSG（又はPSG）層は別の薄いUSG層でキャップされる。USGキャッピング層は水分を吸収しにくい安定な膜である。従って、USGキャッピング層は、周囲にある水分がBSG（又はPSG）膜へ吸収されることから防止するBSG（又はPSG）層の上に疎水面を設ける。更に、USGキャッピング層は相対的に密度の高い膜であり、ホウ素（又はリン）の発生を妨げる。もって、USGキャッピング層は半導体材料へ下向きのドーパ誘電層中のより多くのドーパント原子拡散の制御を容易にする。USGキャッピング層をもたないと、ドーパント原子は後続のアニール又は急速熱処理中に半導体材料から離れて上向きに拡散することができるものがある。従って、キャッピング層の使用は拡散及び接合の深さの制御に寄与する。USG層はBSG（又はPSG）層と別の処理チャンバで堆積されるが、BSG（又はPSG）層の堆積が生じるチャンバ15においてその場プロセスとして行われることが好ましい。キャッピング層を形成する多くのプロセスが可能であることは当然のことである。

【0172】USG層を形成する次のプロセスを一例として述べる。非ドーパケイ酸塩ガラス層は下記のようにキャッピング層として用いられるばかりでなく下にあるドーパ誘電層を使用することなく絶縁誘電層として用い

られる。

【0173】ウェハ及びヒータ25は、約200℃～600℃、好ましくは約500℃の範囲の温度に加熱し、この温度範囲を堆積の間中維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約6mm～9mm(約250～350mil)に配置され、約8mm(約300mil)が好ましい。閉鎖したゲートバルブ280と共に、チャンバ15の圧力は約50 torr～760 torr、好ましくは約200 torr～600 torr、最も好ましくは約400 torrのレベルで維持される。

【0174】酸素及びシリコン源を含むプロセスガスは、堆積チャンバへ導入される。好適実施例においては、シリコン源はTEOSであり、酸素源はO₃であるが、当業者にはSiH₄、シランのような追加のシリコン供給源及びO₂、H₂O、N₂O、及び類似の供給源及びその混合物のような他の酸素源も用いられることが認識される。TEOSがシリコン源として用いられる場合、ヘリウム又は窒素のようなキャリアガスが用いられる。TEOSに対するO₃の比は、約2～17:1の範囲であるが、好ましくは約2～6:1である。

【0175】ガス反応成分の最適全流量は、堆積チャンバの形及び設計に応じて異なる。ガスフローも堆積速度を制御するために変動させることができる。典型的には、TEOSは約500 sccm～2500 sccmの流速で導入され、約1000 sccm～1250 sccmの流速で導入されることが好ましい。O₃(約5wt%～16wt%の酸素)は約2000 sccm～10000 sccm、好ましくは約7000 sccmの流速で導入される。ヘリウム又は窒素は、2000 sccm～6000 sccmの流速、好ましくは約4000 sccmの流速で導入される。通常、ガスの堆積チャンバへのガスの全流量は、約5000 sccm～20000 sccm、好ましくは約15000 sccmで変動する。上記の条件下、約500 オングストローム/分～1500 オングストローム/分の堆積速度が得られる。上記フロー値は200mmウェハチャンバのためのものであり、使用チャンバのサイズ及びウェハのサイズによって異なる。

【0176】USGキャッピング層を形成する次のプロセスを例として述べる。好適被覆のUSGキャップ層は、約50 オングストローム～500 オングストローム、好ましくは約100 オングストローム～300 オングストロームである。しかしながら、当業者は、個々の被覆及びデバイス形のサイズによって異なる厚さのキャッピング層が用いられることを理解する。堆積膜が用いられる被覆及びキャップサイズによっては、必須ではないがキャッピング層とドーブ誘電層が相対的に薄いことが好ましい。薄層については、堆積時間及びエッチング時間は厚い層に比べて減少する。USGキャッピング層を堆積し、USG層とドーブ誘電層の双方がエッチングされる。他の類似した安定な酸化物膜のような異なるキャッピング層がドーブ誘電層をキャップするのに用いら

れることも認識される。更に、USGキャップ層が、SACVDの代わりにAPCVD、PECVD又はLPCVDによって堆積したドーブ誘電膜上に形成される。上記のように、多段プロセスをその場で行うチャンバ15の使用が最も好ましく、マルチチャンバ系内の種々のチャンバ間の基板の移動中に真空が破壊されないマルチチャンバの使用が好ましい。

【0177】本発明の他の実施例によれば、ドーブ層の堆積の完了直前にホウ素源又はリン源を止めることによりドーブ誘電膜上にその場USG又は類似のキャップ層が形成される。この実施例においては、最初にBSG(又はPSG)のようなドーブ誘電層が上記のように形成される。次に、ドーバント源のチャンバ15へのフローが停止され、熱反応が更に1秒～30秒間続く。好ましくは、熱反応が約3秒～10秒続く。この実施例においては、ドーバント源は供給源の供給ラインのバルブを閉鎖することにより停止されるので熱反応は少なくとも5秒間ドーバントなしで維持される。

【0178】ドーバントガス源を停止することは、ガスがバルブの点からガス混合系93へ、次にプレート20のフェースプレートを経て進むのにかかる時間を調整しなければならないことは当然のことである。たいいていのCVDマシンでは、ガスが注入バルブから堆積チャンバへ流動するのに数秒が必要であるので、その遅れを許容するのに十分先立って閉鎖されなければならない。従って、TEBがホウ素源である場合、BSG層の堆積完了数秒前にTEB供給ラインのバルブを閉じると上記の水分吸収及びガス抜き現象の発生を防止する薄いUSGキャップが得られる。

【0179】ドーブ誘電層に形成されたUSGキャップのその場堆積は、安定性の改善及び水分吸収に対する不活性態をもたらし、超薄ドーブ領域を形成する拡散の改良された制御に寄与する。

【0180】USGキャッピング層の使用の代わりに又は加えて、ドーブ誘電層の水分吸収を減少させかつ安定性を改善するためにドーブ誘電層のプラズマ処理が用いられる。RFプラズマ系を備えた実施例においては、デバイスに対するプラズマ損傷が有意に関係しないプラズマ緻密化処理が用いられる。ある実施例においては、約500℃より高い温度での堆積が密度の高い誘電膜を得るのに十分な温度である。プラズマ処理ドーブ誘電層の安定性の改善は、超薄ドーブ領域を形成する拡散の制御改良に寄与する。チャンバ15は、プラズマ緻密化処理中に約1 torr～5 torrに維持される。ゲートバルブ280を閉じて、窒素(N₂)、アンモニア(NH₃)又はアルゴンのような反応性ガスを用いて生成されたプラズマがチャンバ15に導入される。用いられるプラズマ処理の単一例として、N₂のような反応性ガスがガス混合系93に1000 sccmでヘリウムと混合された約1000 sccmの速度で導入される。RFプラズマ系を、例えば、

約350メガヘルツ (MHz)のRF周波数の約450ワットの電力レベルで作動させてチャンバ15内にプラズマを生成させる。プラズマはドーブ誘電層の表面に保護膜を被せるように働き、その表面上に窒化物形成することがある。従って、プラズマ処理はドーブ誘電膜を緻密化する。水分吸収に耐性のある緻密化ドーブ誘電膜中のより多くのドーバントは、超薄接合部分を形成するのに利用できる。

【0181】D. その場堆積及び／又はリフロー用加熱プロセス

CVD装置10は、2段堆積／リフロープロセスの同じウェハについて堆積プロセス後のその場加熱ステップ、又は1段堆積／リフロープロセスの同じウェハについて堆積プロセスと同時のその場加熱ステップを可能にする高温性能を有する。高アスペクト比トランジスタ又は分離トレンチ上に形成されたPMD層として使用するために、PSGのような非ドーブ又はドーブ誘電膜にはたいてい平坦化が必要であり、集積回路デバイスを形成するのに重要である。ドーブ誘電層の平坦化は、層を高温でリフローすることにより行われる。リフローを行うことは、堆積膜、特にウェハの高アスペクト比の特徴のギャップフィルを改善することに寄与する。他の目的及び被覆の加熱ステップもCVD装置10で行われることは当然のことである。下記の加熱手順は、リフローに用いられる具体的な加熱ステップとして単に役立つものであるが、被覆でのドーバントドライブイン又は他の目的の他の加熱ステップも行われる。

【0182】個々の実施例によって、2段堆積／リフロープロセスを下に述べる。ゲートバルブ280が閉鎖されたチャンバ15は約200 torr〜760 torrの圧力で維持される。ガス分配プレート20から約5mm〜10mm (約200〜400 mil)、好ましくは約8mm〜9mm (約330 mil〜350 mil)の処理位置のウェハ及びヒータ25は、堆積処理のためにチャンバ15内で約500℃〜800℃、好ましくは約550℃〜650℃に加熱される。反応性ガスフローを停止すると、ウェハは個々の実施例に従って誘電層をリフローするためにウェハは約750℃〜950℃、好ましくは約750℃〜850℃で約5分〜30分、好ましくは約15分〜20分加熱される。リフロー温度は、2段プロセスの堆積温度と同じか又はそれより高くすることができる。更に、多段堆積／リフロープロセスについては、リフロー温度に傾斜される前に堆積温度から中間温度 (又は中間温度群) へ傾斜される。加熱ステップの時間及び温度が、行われる個々の被覆及び形成される個々の層によって異なるとよいことは当然のことである。

【0183】他の個々の実施例による1段堆積／リフロープロセスを述べる。ゲートバルブ280が閉鎖されたチャンバ15は約200 torr〜760 torrの圧力で維持される。分配プレート20から約5mm〜10mm (約20

0〜400 mil)、好ましくは約8mm〜9mm (約330 mil〜350 mil)の処理位置のウェハ及びヒータ25は、堆積及びリフロー同時処理が生じるチャンバ15内で約750℃〜950℃、好ましくは約750℃〜850℃の十分高い温度に加熱される。堆積／リフローステップの時間及び温度が、行われる個々の層によって異なるとよいことは当然のことである。

【0184】上記のように、ウェハをその場マルチプロセスの同じチャンバ15内に保つと水分が吸収される環境へのウェハの曝露、及び不純物による汚染を防止する。更に、約550℃より高い温度で誘電膜を堆積すると加熱した場合にボイドを形成しない密度の高い及び高品質の膜を得ることができる。堆積膜のその温度での堆積は縮みも減少させる。

【0185】E. チャンバ洗浄／シーズニング／ゲッターリングプロセス

上記の具体的なステップのような処理ステップ又は多段処理ステップがチャンバ15内のウェハに行われた後、必要とされる後続のプロセスステップのチャンバ15からウェハが移される。真空ロックドアがヒータ25上にウェハをもたない閉鎖されたシーリングチャンバ15である場合、チャンバ15の下の部分、ヒータ25の底及び他のチャンバコンポーネントの裏打ちのないチャンバ壁を含むチャンバ15の部分から望まれていない酸化物及び／又は窒化物のような堆積プロセス残留物を除去するためにチャンバ15はチャンバ洗浄プロセスを受けることができる。信頼できるウェハ間反復性を行わせるために、チャンバ洗浄は堆積プロセス中に蓄積した残留物を除去する。その残留物は、フッ素基を用いることによるチャンバ成分から、例えば、リモートマイクロ波プラズマ系55によって反応性クリーンガスで形成されたプラズマから洗浄される。F原子との高反応性のために、チャンバ15からポンプで送られるSiF₄ガス生成物の生成により残留酸化シリコンが除去される。下記のチャンバ洗浄手順は、全てのウェハ又は数枚の全てのウェハの処理後に行われる。

【0186】本発明の好適実施例においては、NF₃はフッ素基を生成するクリーンガスとして用いられる。本発明は、NF₃を分解しかつチャンバ15へのF原子のフローを生じるようにリモートマイクロ波プラズマ系55を使用することが好ましい。本発明のリモートマイクロ波プラズマ系55と共にフッ素化学を用いると、その場プラズマプロセスと比べて運動エネルギーが小さくかつ引き続いて堆積した膜中に物理的スパッタリング効果又は荷電化学種の生成がないことが有利である。更に、地球温暖化作用を減少させるのに要求される環境問題と一致して、NF₃の使用は持続性のペルフルオロカーボン (PFC) 生成物を発生させない。

【0187】最善の洗浄効率を行わせるために、Fフラックス及びその洗浄均一性が最適化されなければならない

い。あるNF₃ガスフローでは閥のマイクロ波電力設定がある、それ以上のF原子の生成は再結合によって補償される。図42は、本発明の個々の実施例による、過度のハードウェアコストをもたずに最高清浄速度を得るNF₃フローとマイクロ波飽和電力間の関係を示すグラフである。図42に示されるように、マイクロ波飽和電力は、個々の実施例によれば約500 sccm~950 sccmの対応するNF₃に対して約1300ワット~2100ワットの範囲である。下記の好適実施例については、マイクロ波飽和電力は約950 sccmのNF₃フローに対して約2100ワットである。清浄均一性はチャンバ圧力及びヒータ間隔によって制御され、双方がガス化学種とポンププロファイルの平均自由行程を調整することができる。前に述べたように、アプリータ管292の上記実施例によって許容される最高圧力は約2 torrであるので、清浄均一性を最適化するために間隔をおいた。アプリータ管292の異なる実施例を用いる他の実施例においては、圧力及び間隔双方が清浄均一性の最適化に用いられる。

【0188】具体的なチャンバ洗浄プロセスにおいては、チャンバ15は、好適実施例においては洗浄手順の間中約300℃~650℃、更に好ましくは約550℃~600℃の範囲の温度に維持される。最も好ましくは、チャンバ15は具体的なプロセスがチャンバ15で行われる温度と同じ温度で維持される。例えば、上記の例としてPSG膜を600℃で堆積するために用いられたチャンバ内では600℃でチャンバ洗浄プロセスが行われる。スロットバルブを開けゲートバルブ280を開めたヒータ25はガス分配プレート20から約3mm~6mm (約100~250 mil~250 mil)、好ましくは4mm (約150 mil)に配置されるのでガス分配プレート20が加熱される。ガス分配プレート20を加熱すると速い清浄が生じる。この加熱ステップは、約3秒~10秒、好ましくは約5秒間行われる。

【0189】次に、清浄が行われる前に圧力及びクリーンガスフローが最適に安定化される。予備清浄安定化ステップ中、チャンバ15は、清浄ステップ中も用いられる圧力レベルで最適に維持されなければならない、その場合にはフッ素化学種は急速に除去されず再結合も生じない。予備清浄安定化ステップでは、チャンバ15は約1 torr~2 torr、好ましくは約1.5 torrの圧力になり、ゲートバルブ280は開放している。約1 torr~2 torrより低い圧力に維持されたチャンバ15においては、急速なフッ素化学種の除去が生じ、チャンバ洗浄結果が悪くなる。約1 torr~2 torrより高いチャンバ圧力においては、腐食損失並びにアプリータ管292に対する過熱及び損傷のために再結合が起こることがある。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約11mm~18mm (約450 mil~700 mil)、好ましくは約15mm (約600 mil)の距離まで移される。クリーンガス、NF₃は、

約600~1100 sccm、好ましくは約950 sccmの速度でアプリータ管292へ導入される。この予備清浄安定化ステップは、マイクロ波電力がチャンバ清浄ステップ中に印加される前に約2秒~6秒、好ましくは約3秒続く。

【0190】チャンバ清浄ステップにおいては、チャンバ15内の予備清浄安定化条件は約1 torr~2 torrの範囲の圧力、好ましくは約2 torrで維持される。洗浄手順が行われる場合、約500ワット~2500ワットのマイクロ波電力がアプリータ管292に印加される。好ましくは、マグネトロン711は、約2.54 GHzマイクロ波を生じ、約950 sccmの好ましいクリーンガスフローに対して約2100ワットのCWモードで操作される。マイクロ波は、上記のようにマグネトロン711から導波管及び最適化系を介してアプリータ管292に窓を通して伝搬される。UVランプ731は、アプリータ管292の反応性ガスを点火してプラズマを形成し、イオン化は窓でアプリータ管292に入るマイクロ波エネルギーによって維持される。

【0191】チャンバ清浄ステップ中、マイクロ波が印加されるアプリータ管292で生成されたプラズマからのフッ素基は、次に、開放ゲートバルブ280を介してチャンバ15へ流れ込み望まれていない酸化残留物を表面を洗浄する。プラズマがチャンバ15の上流に生成されるので、プラズマ中の反応性フッ素基のみチャンバ15の残留物蓄積部分に到達及び除去することができる。従って、チャンバ15のさまざまな部分について、チャンバ15に対する直接のプラズマ損傷を最少にしつつ堆積プロセス残留物が洗浄される。チャンバ清浄は、約30秒~約10分、好ましくは約60秒~200秒、最も好ましくは約160秒続く。チャンバ清浄時間がチャンバ15内の酸化残留物の厚さ及び種類によって異なるとよいことは当然のことである。上記のように、他の実施例で用いられるチャンバのサイズ及び種類並びにアプリータ管の寸法及び材料によって異なるとよいことは認識される。上記清浄プロセスは、ブロッカー及びガス分配プレート双方の後ろの裏面の望まれていない残留堆積物を減少させる。

【0192】チャンバ清浄後、更に、後清浄ステップ中、チャンバ15は、上記堆積及び清浄プロセスについて述べた上記温度で維持されることが好ましい。チャンバ清浄ステップの終わりに、クリーンガスフローが停止し、マイクロ波電力はもはや供給されない。チャンバ15は、F残留原子のほとんどをポンプ除去する。この後清浄排気ステップ中、ヒータ25はガス分配プレート20から約38mm~59mm (約1500 mil~2200 mil)、好ましくは約51mm (約2000 mil)の位置に移され、スロットバルブは開放され、ゲートバルブ280は開放されたままである。排気ステップは約5秒~20秒、好ましくは約10秒続き、チャンバ15から排気さ

れるクリーンガス反応成分及び残留物の量に左右される。実質的に全ての堆積プロセス残留物がチャンバ15から除去されるまで後清浄排気の停止時間を求めるのに援助するために清浄終点検出系も用いられる。

【0193】フッ素系チャンバ洗浄手順後、次の堆積プロセスが起こるときにウェハが位置する場所に近いチャンバ壁の表面に活性フッ素化学種の吸着がある。次の堆積プロセスでは、フッ素が相互作用するか又は堆積膜に取込まれ、表面の膜感受性を引き起こす。この膜感受性は粗い表面として現れ、高集積化デバイスで要求される許容量で問題となり、デバイスの故障を引き起こす。本発明は、下記の数種の方法でチャンバ壁の表面から吸着フッ素をゲッタする能力を提供する。

【0194】後清浄排気ステップ後、全ての遊離F化学種を化学反応或いは捕捉によりそのFをチャンバ壁へ酸化シリコン(SiO_2)堆積によって再結合するためにシーズニングが行われる。後清浄排気及びシーズニングステップは、粒子の形成及び後続の堆積膜内のF含量の双方を減少させるために行われる。

【0195】最適には、後清浄排気ステップとシーズニングステップ間に、チャンバ圧力とガスフローを安定化しかつヒータ25をシーズニングステップの位置に移動させる他の安定化ステップがある。この安定化ステップでは、ゲートバルブ280は閉鎖され、チャンバ15は約20 torr〜70 torr、好ましくは50 torrの圧力で維持される。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約8mm〜14mm (約300 mil〜550 mil)、好ましくは約13mm (約500 mil)の位置に移動される。個々の実施例においては、現在記載されているシーズニングステップはキャリアガスとしてヘリウムと共にオゾン及びTEOSを用いて後続の酸化シリコン堆積のためにチャンバ15をシーズニングする。所望の酸化シリコン堆積の種類によって他のガスがシーズニング及びプレシーズン安定化ステップに用いられることは当然のことである。プレシーズン安定化ステップでは、約200 m μ m〜400 m μ m、好ましくは約300 m μ mの流速の液体TEOSが気化され、約4000 sccm〜8000 sccm、好ましくは約6000 sccmの速度でチャンバ15へ流れているヘリウムキャリアガスと輸送される。ガスフローは、堆積に用いられる通常の入口又はマイクロ波の印加されことなくアプリーケータ管292を介してチャンバ15へ導入される。この安定化ステップは約5秒〜25秒、好ましくは約15秒続き、その後にはシーズニング酸化物をチャンバ15に堆積し始める酸素源の導入からシーズニングステップが始まる。熱シーズニングステップでは、オゾンは個々の使用堆積プロセスに用いられる流速(例えば、上記550°Cの実験USG堆積プロセスについては約5000 sccm又は上記600°Cの実験PSG堆積プロセスについては約4000 sccm)で約10秒〜20秒、好ましくは約15秒間導入されてチャンバ15

内の表面上に酸化シリコンの薄層を堆積する(例えば、実験USG堆積プロセスの酸素は約12.5 wt%であり、実験PSG堆積プロセスの酸素は約8 wt%である)。シーズニングステップ中、オゾンフローは、オゾンフローと濃度の変動を最小にするために堆積プロセスと一致することが最適である。もって、シーズニングチャンバ15は、チャンバ15の表面上に吸着されたフッ素原子を捕捉することができる。

【0196】上記熱シーズニングステップ後、最終安定化及び排気ステップが行われる。最適には、その最終ステップは上記堆積温度で行われる。最終安定化ステップでは、スロットバルブが定期的に開放されてチャンバ圧力を大気圧まで調整することを可能にし、ゲートバルブ280は閉鎖されたままである。ヒータ25は、ガス分配プレート20から約20mm〜25mm (約800 mil〜1000 mil)、好ましくは約25mm (約999 mil)の位置まで移動する。TEOS流量を停止し、ヘリウム及びオゾンフローはシーズニングステップと同じままである。最終安定化ステップは、最終排気ステップが始まる前に約5秒〜20秒、好ましくは約10秒間行われる。最終排気ステップでは、ゲートバルブ280は閉じられたままであり、ヒータ25は移動しない。全てのガスフローが停止され、スロットバルブが開放される。最終排気ステップは、ここでは次の堆積プロセス、加熱ステップ又はウェハ洗浄ステップのためである他のウェハがチャンバ15に導入される前に約5秒〜20秒、好ましくは約10秒続く。最終安定化ステップ及び排気ステップが変更され、選定された具体的なシーズニングステップ又は別のゲッタリングステップ(下記の例)と同様に用いられることは認識される。

【0197】上記実施例に替わる実施例においては、上記の予備清浄安定化ステップは低マイクロ波電力から最終クリーン作動レベルのマイクロ波電力へのマイクロ波電力の傾斜を含むことができ、圧力及びマイクロ波プロセス生成の予備清浄安定化を可能にする。代替的好適実施例においては、上記の予備清浄安定化ステップは次の予備清浄安定化で置き換えられる。

【0198】圧力とマイクロ波電力の同時安定化を可能にするので、 N_2 (又は他の不活性ガス、使用クリーンガスによる)プラズマを生成するマイクロ波電力を傾斜するステップは、個々の実施例による NF_3 プラズマ生成の際にアプリーケータ管292について低い圧力衝撃プロファイルを与える。マイクロ波電源110からマグネトロン711に印加されたマイクロ波電力レベルは、プロセス50の制御下で調整される。例えば、マイクロ波電力は、安定化ステップ中ゼロから約300ワット(又は0と最終清浄作動電力レベル)、次にクリーンステップでは2100ワットのレベルまで傾斜されて漸次の最適安定化ステップを得る。詳しくは、加熱ステップ後、ヒータ25はガス分配プレート20から約15mm (約6

00 mil)に移動し、N₂は約100~400 sccm、好ましくは約300 sccmのフローでアプリータ管292に導入され、スロットバルブは開いたままでありゲートバルブ280は閉じられたままである。約5秒後、スロットバルブは閉じられゲートバルブ280は開けられ、チャンバ15が清浄プロセス圧力、個々の実施例では約1.5 torrになるまで次の5秒間圧力を安定化させる。次に、約200ワット~400ワットのマイクロ波電力の中間レベルをアプリータ管292に印加して次の5秒間N₂プラズマを生成する。次の5秒間、NF₃がアプリータ管292に導入され、マイクロ波電力レベルが清浄レベルまで傾斜される。詳しくは、NF₃は、約600 sccm~1100 sccm、好ましくは約950 sccmの速度でアプリータ管292に導入され、マイクロ波電力レベルは約2100ワットの最終マイクロ波電力清浄作動レベルまで傾斜される。次に、N₂フローを停止し、プラズマをNF₃のみ用いて生成し、NF₃プラズマ生成安定化の安定化を約5秒間可能にする。この点から上記のように清浄が進行する。上記の代替の実施例においては、圧力及びプラズマ生成双方がNF₃洗浄プラズマで洗浄ステップを行う前に安定化される。この代替の予備清浄圧力/プラズマ安定化は、全時間、好ましくは20~30秒間続くことができ、各電力レベルのランプアップはその時間からの適切な部分が配分されている。従って、アプリータ管292について高マイクロ波電力（例えば、0~2100ワット）の1段の直接印加からの圧力衝撃を最少にし、アプリータ管292の寿命が高められることになる。

【0199】上記実施例は2段電力レベルランプアップであるが、他の実施例は多段ランプアップ（例えば、0ワット~300ワットから1200ワット~2100ワット）であることができる。更に場合によって、マイクロ波電力ランプアップステップが上記清浄ステップと後清浄排気ステップ間で行われる。2段又は多段ランプアップも他の実施例に可能である。傾斜が連続、一連の分離したステップ又はその組合わせであることは当然のことである。RFプラズマ系を有するCVD系については、RF電力レベルのランプアップ及び/又はランプダウンは予備清浄安定化ステップに行われ、他の実施例によればその場プラズマチャンバ清浄が用いられる。上記の安定化の各部分について特定の時間が述べられているが、他の実施例ではその特定の時間は異なってもよく、安定化の部分が合わせられるか又は時間を短縮するために削除される。

【0200】上記の熱チャンバシーズニングの替わりとしてTEOS及びO₂を使用するチャンバシーズニングが用いられる。気化TEOSは、入口43及びガス混合ボックス273を介して又はリッド内のバイパス通路を用いてチャンバ15へ導入される。O₂は、マイクロ波プラズマ系55のマグネトロン711からのマイクロ波

による放射（例えば、約500ワット~2100ワット、好ましくは2100ワット）のためにアプリータ管292を介して送られる。O₂は約50 sccm~200 sccm、好ましくは約100 sccmの流速でアプリータ管292へ導入され、ゲートバルブ280は開放され、チャンバ15は約1 torr~2 torr、好ましくは約1.5 torrの圧力及び約300℃~650℃、好ましくは約550℃~600℃の温度で維持される。原子酸素は、マイクロ波増強チャンバシーズニングを得るためにチャンバ15内のTEOSと反応することができる。また、その場プラズマを得ることができるRFプラズマ系を有する実施例については、気化TEOSがチャンバ15内に導入され、RFプラズマ系がプラズマを生成することができ、それと原子酸素がRF増強チャンバシーズニングに対して反応することができる。

【0201】フッ素原子をチャンバ表面からゲッタリングするチャンバシーズニングの他の替わりとして、SiH₄が約50 sccm~200 sccm、好ましくは100 sccmの速度でチャンバ15へ流し込まれチャンバ15をバージする。シランは、ゲートバルブ280の閉じられたガス混合系93までの他の供給源90（図3）の1つからチャンバ15へのライン85を介して、ゲートバルブ280の閉じられたチャンバ15への他のバージ口を介して、又はマイクロ波を印加して又は印加せずに及びゲートバルブ280の開放されたアプリータ管292を介してチャンバ15へ流し込むことができる。シランバージ手順中、チャンバ15はゲートバルブ280の閉じられた約1 torr~5 torrの圧力及び約300℃~650℃、好ましくは約550℃~600℃の温度で維持される。チャンバ15をバージするとF原子を吸収し、SiF₄ガスの生成をもたらす、排気系によってチャンバ15がポンプで送られる。次に、上記で詳細に述べられた終点検出系は、チャンバ洗浄プロセスが完了したときを該系が決定することを可能にする。

【0202】上記のようにシーズニング又はチャンバ15をシランでバージングすることの変法として、更に、活性水素をチャンバ15へ供給することによりゲッタリングが達成される。水素（例えば、H₂又は他の水素源）は、約50 sccm~200 sccm、好ましくは約100 sccmの流速で「クリーンガス」供給源として用いられ、入口57を介してアプリータ管292へスイッチングバルブ105を介して送られる（図3）。マグネトロン711は約500ワット~2500ワット、好ましくは約1000ワットの電力レベルでCWモードで作動してアプリータ管292へマイクロ波エネルギーを供給し、プラズマを生成する。アプリータ管292内のプラズマからの活性水素は、次に、チャンバ15で使用するために封入アセンブリ200内の裏打ちされた通路を通して導管47へ流れ込む。RFプラズマ系を含む系については、水素がチャンバ15へ導入されかつRFエネ

ルギーがチャンバ15内に印加されて活性水素を供給することは当然のことである。ゲッタリング手順中、チャンバ15は、ゲートバルブ280の開放された約1 torr~2 torrの圧力及び最適には約300℃~650℃、好ましくは約550℃~600℃の堆積温度で維持される。活性水素は、吸着フッ素と反応してフッ化水素(HF)気体を生成し、チャンバ15からポンプで送られる。上記の終点系と同様の原理で作動させ、HFによる吸光度のために光の強さの変化を検出する終点検出系も用いられる。

【0203】シーズニング、チャンバ15のシランによるパージング又は活性水素の使用の変法は、チャンバ15へアンモニアを供給するものである。アンモニア(NH₃)は、約50 sccm~200 sccm、好ましくは約100 sccmの流速でガスパネル80の「クリーンガス」供給源として用いられ、入口57を介してアプリケーション管292へスイッチングバルブ105を介して送られる(図3)。マグネトロン711は約500ワット~2500ワット、好ましくは約1000ワットの電力レベルでCWモードで作動してアプリケーション管292へマイクロ波エネルギーを供給し、プラズマを生成する。アプリケーション管292内のプラズマからのアンモニアは、次に、チャンバ15で使用するために封入アセンブリ200内の裏打ちされた通路を通して導管47へ流れ込む。ゲッタリング手順中、チャンバ15は、ゲートバルブ280の開放された約1 torr~2 torrの圧力及び最適には約300℃~650℃、好ましくは約550℃~600℃の堆積温度で維持される。アンモニアは、吸着フッ素と反応してフッ化アンモニウム化合物を生成し、チャンバ15からポンプで送られる。RFプラズマ系を含む系については、アンモニアがチャンバ15へ導入されかつRFエネルギーがチャンバ15に印加されてフッ化アンモニウム化合物とHFを生成することは当然のことである。上記の終点系と同様の原理で作動させ、フッ化アンモニウムとHFによる吸光度のために光の強さの変化を検出する終点検出系も用いられる。

【0204】上記の洗浄プラズマ条件は本実施態様の具体例であるが、他の条件も用いられる。上記説明は、下記の様々な堆積のように、200 mmウェハに適合しかつ全量6リットルのApplied Materialsから市販されているGiga Fill(登録商標)Centuraチャンバで単に一例としてNF₃を述べている。しかしながら、NF₃とアルゴン、NF₃とN₂、NF₃とO₂、NF₃とマイクロ波プラズマ系55によって生成された原子酸素、希釈F₂、CF₄、C₃F₈、SF₆、C₂F₆、C₁₂等の他のフッ素含有又は塩素含有ガスが同様に用いられる。上記のものは他に他のガスもゲッタリング手順に用いられる。また、プレシーズニング安定化ステップは上記の熱シーズニングの種々の変法より選ばれたシーズニング/ゲッタリングプロセスの個々の種類によって変動す

る。洗浄、ゲッタリング及びシーズニングの上記説明は、好適温度(例えば、約550℃~600℃)で起こるように述べられているが、最も好ましくは、個々のプロセスがチャンバ15内で行われている同じ温度でチャンバ15が維持されることは留意される。他の実施態様においては異なる温度が用いられることは当然のことである。更に、ある実施態様は、上記の洗浄、ゲッタリング及びシーズニングのある部分を合わせ又は削除することができる。

10 【0205】III. 試験結果及び測定

A. 超薄ドーブ接合部分

本発明の実施例に従って装置及び方法の操作を示すために、例としてUSGキャッピング層をもたずに製造されたBSG膜及びUSGキャッピング層を有するBSG膜を用いて形成された超薄接合部分の面積抵抗率及び接合の深さの測定を行った。キャップのないBSG膜は約150オングストローム厚であり、キャップのあるBSG膜は約200オングストロームUSGキャップを有する約150オングストローム厚であった。キャップのある及びキャップのないBSG膜の双方は、低抵抗率のN形シリコンウェハ上に堆積した。キャップのない及びキャップのあるBSG膜を用いて形成された超薄接合部分の面積抵抗率及び接合の深さを測定した。上で詳述したCVD装置10のチャンバ15内で堆積した膜については、ゲートバルブ280は個々の実施例の膜堆積ステップ中閉鎖される。実験に用いられる実際のプロセス条件は次の通りである。詳しくは、BSG膜は約500℃の温度及び約600 torrの圧力で堆積した。サスセブタとマニホールド間の間隔は、約8 mm(約300 mil)であった。実験中のガスフローは、TEBをチャンバへ約200 mgmの速度で導入すること、TEOSを約500 mgmの速度で導入すること、酸素(O₃)を約5000 sccmの速度で導入すること及びヘリウムキャリアガスを約8000 sccmの速度で導入することが含まれる。

【0206】上記条件により、700オングストローム/分の速度で堆積したBSG膜が得られた。堆積BSG膜は、約15秒のプロセス時間に対して約150オングストロームの厚さがあった。

【0207】USGキャップを用いた実験では、BSGバルク層が堆積された直後にUSGキャッピング層がその場プロセスで形成された。好適実施例は、USGキャッピング膜の堆積前にBSG膜と反応するために利用できる水分を最少にする密閉系であるチャンバを使用する。サスセブタは約500℃の温度まで加熱し、チャンバを約600 torrの圧力で維持し、サスセブタをガス分配マニホールドから約8 mm(約300 mil)に配置した。TEOS、オゾン及びヘリウムを約500 mgmの流速で各々500 sccm及び5000 sccmを堆積チャンバへ導入した。上記条件により、約700オングストローム/分の速度で堆積されたUSG膜が得られた。USG膜は、

約15秒のプロセス時間に対して約200オングストロームの厚さがあった。

【0208】キャップのない及びキャップのあるBSG膜からのドーパントの拡散は、アニール又は急速熱処理を用いて膜を加熱することにより達成される。例えば、窒素(N₂)周囲中60秒間の急速熱処理は、温度、時間及びドーパント濃度によって約500オングストローム～1000オングストロームの接合の深さが得られる。

【0209】BSG膜を用いる実験に用いられるパラメーターは、本明細書に記載される特許請求の範囲に限定されるべきではない。当業者は、他の化学剤、チャンバパラメーター、ドーパント及びPSG、AsSG等のBSG膜又は他の膜を生成する条件を用いることができる。

【0210】実験は、ホウ素約6wt%を有する約200オングストローム厚のキャップのないBSG膜を用いて行われる。その実験から、後続の拡散ステップのドーパント源としてBSG膜を用いて超薄接合部分を形成する能力が示される。

【0211】6wt%のホウ素を超えるホウ素濃度において、約500℃未満の温度で堆積されたキャップをもたないBSG膜は、不安定で数時間で結晶化する傾向があった。上記のように、結晶化は、シリコン基板への拡散に利用できるホウ素原子の量を減少する。約550℃より高い温度でBSGを堆積させると6wt%を超えるホウ素濃度を有するキャップのない安定なBSG膜が生じると考えられる。6wt%のホウ素より高いホウ素濃度が必要とされる被覆については、BSG膜は結晶化を防止するUSG膜で適切にキャップされる。ガス抜きを防止することにより、USGキャップはシリコン基板へのドーパント原子の拡散の進入を制御する能力を与える。従って、USGキャップは、ホウ素原子が失われることから防止するのでシリコン基板へ容易に進められる拡散に利用できる。

【0212】ある被覆についてドーブ誘電層上にキャッピング層を用いる利点を証明するために、約200オングストロームUSGキャップがBSG膜上に堆積した厚さが150オングストローム及びホウ素が6.131wt%のBSG膜を用いて実験を行った。その実験から、後続の拡散ステップのドーパント源としてキャップのあるBSG膜を用いて超薄接合部分を形成する能力も示される。キャップのない及びキャップのあるBSG膜を用いて形成された超薄接合部分の面積抵抗率及び接合の深さを測定した。その実験から、BSG膜を約1050℃で1分の急速熱処理に供するとBSG膜単独或いはUSGキャップのあるBSG膜で形成された超薄接合部分の面積抵抗率及び接合部分を制御する能力が生じることがわかる。

【0213】図43～図45は、拡散領域の接合の深さ及びドーパントの均一性に関するUSGキャップの影響

についての情報を示すグラフである。図43及び図45の測定は、当業者に周知である広がり抵抗プロファイルのソリッドステート測定装置を用いて行った。キャリア濃度は、深さの関数として示される。「p」はシリコン基板表面から測定された深さにおけるホウ素の測定濃度を示し、「N」はシリコン基板表面から測定された深さにおけるN形シリコン基板の測定濃度を示す。接合の深さは、ドーパント濃度が基板濃度に等しい位置として定義される。本実験では、使用シリコン基板の基板濃度は約 1.6×10^{14} キャリア/cm³であった。図43及び図2Cに示された拡散領域の面積抵抗率は、当業者に周知である4ポイントプローブ(4pp)法を用いて測定した。図44は、当業者に周知である高濃度又は浅い接合拡散の精密プロファイル測定を与えるのに有効な二次イオン質量分析(SIMS)の緻密な方法で測定された図43のウェハの全不純物プロファイルを示すグラフである。

【0214】詳しくは、図43は、USGキャッピング層のある6.131wt%BSG層を用いて加熱ステップ後に形成された超薄接合のドーパントプロファイルを示すグラフである。BSG膜は約150オングストローム厚であり、BSG膜の上に堆積したUSGキャッピング層は約200オングストローム厚であった。加熱ステップは約1050℃で約60秒間急速熱処理により行った。次に、BSG及びUSG膜をエッチングで除去した。図43に見られるように、得られた接合部分の深さはシリコン基板中約0.06μmであり、ドーパントプロファイルはかなり均一に見える。ホウ素の最大濃度は、約 6×10^{19} キャリア/cm³である。得られた接合部分の表面抵抗率は約685Ω/cm²であることが測定された。4pp表面抵抗率は、約222Ω/cm²であることが測定され、測定したP形層のドーズイオンの加算(Σp)は 1.6×10^{14} である。

【0215】図44は、図43に記載された超薄接合部分のSIMSによって測定されたドーパント深さのプロファイルを示すグラフである。シリコン基板の表面から表面から約100オングストロームの深さまでのホウ素濃度は、約 2×10^{18} キャリア/cm³～約 1×10^{21} キャリア/cm³の範囲である。シリコン基板から約100オングストローム～約300オングストロームのホウ素濃度は、 1×10^{21} キャリア/cm³～約 3×10^{21} キャリア/cm³の範囲である。シリコン基板の表面から約300オングストロームの下ホウ素、シリコン及び酸素の濃度は急速に低下し、バルク基板を示す。図44に示される急勾配の浅い接合部分は、本発明の実施例に従って可能なドーパント取込みを示す。

【0216】図45は、USGキャッピング層を有する6.131wt%BSG層を用いて加熱ステップをもたずに形成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示すグラフである。BSG膜は、約150オングストロ

ーム厚であり、BSG膜の上に堆積したUSGキャッピング層は約200オングストローム厚であった。加熱ステップは行われなかった。BSG及びUSG膜はエッチング法によって除去した。図45に見られるように、約0.025 μm の深さを有する接合部分は加熱ステップがないにもかかわらず形成したことがわかる。あきらかに、加熱ドライブインステップがなくてさえシリコン基板へ拡散するBSG膜中のホウ素の高ドーパント濃度のために接合部分が形成された。ホウ素の最大濃度は、約 7×10^{17} キャリア/cm³である。得られた接合部分の表面抵抗率は約55 Ω /cm²であることが測定され、測定したP形層のドーザイオンの加算(Σp)は 4.9×10^{11} である。

【0217】図46は、USGキャッピング層のある8.084wt%BSG層を用いて加熱ステップで形成された接合部分のドーパントプロファイルを示すグラフである。図47は、接合部分の深さに関するドーパント濃度の影響を示すために、USGキャッピング層のある6.131wt%BSG層とUSGキャッピング層のある8.084wt%BSG層を用いて同じ加熱ステップで形成された接合部分のドーパントプロファイルを比べるグラフである。図48と図49は、各々接合部分の深さと面積抵抗率に関する加熱ステップの温度の影響を示すグラフである。図50と図51は、各々接合の深さと面積抵抗率に関する加熱ステップの時間の影響を示すグラフである。図46～図51の広がり抵抗プロファイル及び面積抵抗率の測定値は、ソリッドステート装置及び4ポイントプローブ測定を用いて行った。

【0218】図46は、USGキャッピング層のある8.084wt%BSG層を用いて加熱ステップで形成された接合部分のドーパントプロファイルを示すグラフである。BSG膜は約150オングストローム厚であり、BSG膜の上に堆積したUSGキャッピング層は約200オングストローム厚であった。加熱ステップは約1000℃で約60秒間急速熱処理により行った。BSG及びUSG膜をエッチング法で除去した。図46に見られるように、深さが約0.12 μm の超薄接合部分はドーパント均一性が良好に形成された。ホウ素の最大濃度は、約 1×10^{19} キャリア/cm³である。得られた接合部分の表面抵抗率は約145 Ω /cm²であることが測定され、ドーザイオンの加算(Σp)は 7.9×10^{11} であった。4pp表面抵抗率は、約96 Ω /cm²であることが測定された。

【0219】図47は、USGキャッピング層のある異なるホウ素wt%BSG層(特に6.131wt%及び8.084wt%)を用いて加熱ステップで形成された接合部分のドーパントプロファイルを示すグラフである。BSG膜は約150オングストローム厚であり、BSG膜の上に堆積したUSGキャッピング層は約200オングストローム厚であった。加熱ステップは約1000℃で約6

0秒間急速熱処理により行った。図47に見られるように、8.084wt%BSG膜の得られた接合の深さは、6.131wt%のBSG膜の得られた接合の深さのほぼ2倍である。

【0220】図48及び図49は、USGキャッピング層のある6.131wt%BSG膜の各々ドーパントプロファイル及び面積抵抗率に関する加熱ステップ温度の影響を示すグラフである。BSG膜は約150オングストローム厚であり、BSG膜の上に堆積したUSGキャッピング層は約200オングストローム厚であった。加熱ステップは約900℃、950℃、975℃及び1000℃の温度で約60秒間急速熱処理を用いて行った。図48でわかるように、1000℃での加熱ステップ後に形成された接合部分は、低い温度975℃での加熱ステップ後に形成された約0.06 μm の接合部分に比べて約0.1 μm である。6.131wt%BSG膜の表面抵抗率は、図49に見られるように1000℃での加熱ステップについて約180 Ω /cm²及び975℃での加熱ステップについて約600 Ω /cm²であった。高い温度の加熱ステップ(950℃を超える)により、形成された薄い接合部分の深い拡散深度が得られた。

【0221】図50及び図51は、USGキャッピング層のある6.131wt%BSG膜の各々ドーパントプロファイル及び面積抵抗率に関する加熱ステップ時間の影響を示すグラフである。BSG膜は約150オングストローム厚であり、BSG膜の上に堆積したUSGキャッピング層は約200オングストローム厚であった。加熱ステップは約1000℃で約40秒間及び約60秒間急速熱処理を用いて行った。図50でわかるように、約40秒加熱ステップ後に形成された接合部分は約0.06 μm であり、60秒加熱ステップ後に形成された接合部分は約0.1 μm である。6.131wt%BSG膜の表面抵抗率は、40秒加熱ステップ後に約230 Ω /cm²及び60秒加熱ステップ後に約150 Ω /cm²であった。従って、加熱ステップの時間の長さは超薄接合部分を形成するのに拡散深度を決定することができることがわかる。

【0222】超薄ドーパ接合形成に用いられた上記の実験は、本発明の態様を具体的に説明するために単に例として示され、本発明の範囲を限定するものとしてみなされるべきではない。

【0223】B. PMD層のPSG

本発明の実施例による装置及び方法の操作を証明するために、PSG膜、例えば、PMD層を堆積するために実験を行った。PMD層としてPSG膜を堆積させる前に、ウェハを、典型的には、ゲート電極、酸化物側壁、分離トレンチ等を形成するために複数の処理ステップに供した。実験では、Applied Materials社製の耐熱Giga Fill(登録商標)Centuraチャンバ(全容量が約6リットルで200mmウェハに準備された閉鎖系)内でPSG膜

を堆積させた。

【0224】実験では、ウェハ上にPMD層としてPSG膜を堆積させる前に、チャンバ15を所望堆積圧力にしかつガス/液体フローを安定化するために予備堆積ステップを行った。異なる堆積レシピに最適であるように予備堆積ステップが下記の説明（単に個々の具体的な実施例である）から変動されてもよいことが認識されることは当然のことである。予備堆積ステップはチャンパ壁上に不要な堆積を減少させ、堆積膜の均一な深さのプロファイルを得るのに寄与する。予備堆積ステップが起こる前に、ウェハを真空ロックドアを介してヒータ25上の真空チャンバ15に装填し、閉鎖する。ヒータ25を約600℃の処理温度まで加熱し、予備堆積ステップ、堆積ステップ及び後堆積ステップの間中維持される。

【0225】第1予備堆積ステップでは、ヒータ25はガス分配プレート20から約15mm(約600mil)の位置にある。スロットバルブを約5秒間開けて、ヘリウムを約4000 sccmの流速で及びO₂を約2900 sccmの流速でチャンバ15へ導入する。中性ガス、ヘリウム及びO₂は、流速が安定化するためにまずチャンバ15へ導入される。ヘリウム及びO₂のそれらの流速は、予備堆積ステップの間中維持される。

【0226】第2予備堆積ステップでは、スロットバルブが開められ、チャンバ15内の圧力が堆積圧力まで上げられる。第2予備堆積ステップは、約30秒続き、はじめはいくぶん所望の堆積圧力前後を変動してもよい圧力をチャンバ15内で安定化させる。ヒータ25は、第2予備堆積ステップではガス分配プレートから約8mm(約330mil)の処理位置へ移動させる。

【0227】第3予備堆積ステップでは、チャンバ15内圧力が約450 torrの堆積圧力に安定化されたときに液体TEOSを導入してTEOSとヘリウムのフローを安定化させる。約1000 mgmのTEOS流速で、堆積ステップ前の第3予備堆積ステップ中の約3秒間気化TEOSガスがヘリウムキャリアガスと混合する。

【0228】チャンバ圧力、温度及びTEOS/ヘリウムガスフローが安定化しかつヒータ25の位置を調整したので、堆積処理が始められる。堆積ステップの始めにO₂フローが終わる。液体TEPOを約24 mgmの速度で導入し、O₃(酸素約8wt%)を約4000 sccmの速度で導入する。液体であるので、TEPO及びTEOS源を液体注入系で気化させ、次に、不活性キャリアガスヘリウムと混合する。この混合液をガス分配プレート20からチャンバ15へ導入して反応性ガスをウェハ表面に供給し、そこで熱誘導化学反応が起こって所望のPSG膜を生じる。上記の条件により、約1780オングストローム/分の速度で堆積したPSG膜が得られる。堆積時間を制御することにより、厚さが約5300オングストロームのPSG膜が上記の処理条件で約404秒で形成される。得られたPSG膜中のリンのwt%は約4wt% 50

である。

【0229】堆積後、終結ステップが行われ、即ち、水分及び結晶化耐性を与えるために堆積PSG膜の安定性を最適化する。約3秒間続く終結ステップでは、堆積条件が維持され、TEPOフローが終わる。従って、終結ステップは、上記のガス終結方法によってチャンバ15内のその場方法でUSGキャッピング層を堆積する。USG層は、PSGバルク膜の厚さに比べて非常に薄い。

【0230】PSG堆積及びUSG堆積ステップ後、チャンバ圧力のランピングダウンを制御するために及びガスシャットアウトを制御するために後堆積ステップが用いられる。圧力及びガスシャットアウトを調整することにより、後堆積ステップは、ウェハ汚染及び損傷を引き起こすことがある粒子形成を減じるのを援助する。

【0231】個々の実施例においては、3段の後堆積ステップを用いた。上記終結ステップ直後の第1後堆積ステップでは、TEOSフローが終わり、ヒータ25がガス分配プレート20から約15mm(約600mil)の位置に移動する。また、スロットバルブを定期的に開け、約15秒続く第1後堆積ステップ中チャンバ圧力を徐々にランピングダウンする。第2後堆積ステップでは、バイパスバルブによってポンプで送ることによりチャンバ15へのヘリウムフローが終わるように、スロットバルブを定期的に開けて第3後堆積ステップ（排気ステップ）のチャンバ圧力をランピングダウンする。また、約15秒続く第2後堆積ステップ中にヒータ25をプレート20から約25mm(約999mil)の位置まで下に移動させる。約3秒続く第3後堆積ステップでは、スロットバルブを開け、最終バルブによってポンプで送ることによりチャンバ15へのO₃フローを終わる。

【0232】PMD層として用いられるのに適したPSG堆積用上記実験条件は、スループットの高い最良の膜質を与えるのに最適である。表面拡散を高表面温度で高めることにより、約600℃の温度でTEOS/O₃化学を用いて堆積された熱PSG膜はステップカバレッジが優れ、架橋構造が多く、P及びSiの酸化構造が安定であり、優れた膜質を得た。PSG堆積膜は、フロー状ステップカバレッジ、水分耐性が高い、破壊電圧が高い、表面の平坦、表面損傷がない（即ち、プラズマ損傷）及び固定電荷がないことによって高品質であった。PSG堆積膜は良好な膜厚均一性を示した。詳しくは、PSG堆積膜の厚さ約1.2 μm 厚の膜厚均一性（49 p t. 1 σ）は約1.5未満であることが測定された。

【0233】図52は、本発明の個々の実施例に従って、600℃で堆積したPSG膜のas堆積ギャップフィル性能を示す顕微鏡写真である。特に、600℃で堆積されたPSG膜は、図52に見られるようにボイドを形成せずに高さ（h）と間隔（w）を有する高アスペクト比ギャップを充填することができることがわかった。図53は、図52に示された集積回路構造の断面の簡易

線図(縮尺は示されていない)である。図53に見られるように、基板1200は、形成されたゲート構造、詳しくはケイ化タングステン(WSi)キャップ1240のある電極1220を積み重ねた。図52~図53に見られるように、積み重ねゲート構造上に酸化物層1260を堆積させて点線で示されたhが約例35 μm 及びwが約0.08 μm の高アスペクト比を形成する。従って、図52は、PMD層として用いられるPSG膜1280で充填されるアスペクト比の高い(約4.3:1)具体的構造を示す図である。上記の好適レシビを用いて約600 $^{\circ}\text{C}$ で堆積されたPSG膜は、典型的には約750 $^{\circ}\text{C}$ ~800 $^{\circ}\text{C}$ で行われるリフローの必要がなく優れた高アスペクト比のギャップフィル性能を示し、たいいてい著しく強い熱バジェットと一致しない。

【0234】高アスペクト比の優れたギャップフィル性能のほかに、約600 $^{\circ}\text{C}$ で堆積したPSG膜は水分吸収に対する耐性の大きい密度の高い膜であることが有利である。堆積したPSG堆積膜の水分吸収は、当業者に周知である慣用のフーリエ変換赤外線スペクトル法(FTIR)を用いて測定した。図54は、次の具体的な処理条件下で約600 $^{\circ}\text{C}$ で堆積したPSG膜のFTIRスペクトルを示す写真である。個々の実施例によれば、具体的な処理条件は、約400 torrの圧力で約1000 mqmのTEOSフロー、約24 mqmのTEPOフロー、約6000 sccmのヘリウムフロー及び約4000 sccmのオゾン(酸素約12 wt%)フロー及びヒータ25とガス分配プレート20間の約8 mm(約330 mil)の間隔が含まれる。PSG堆積時間は約600秒であった。図54に示されるように、約600 $^{\circ}\text{C}$ で堆積したPSG膜のFTIRスペクトルは水分吸収を示すウォータースパイクを示さず、堆積後の約155時間にわたって水分吸収の測定可能な変化は見られず、長期間にわたるPSG膜の安定性を示した。

【0235】図54に示されるように、PSG堆積膜は密度が高く水分吸収耐性がある。高温、例えば、約600 $^{\circ}\text{C}$ でのPSG膜の堆積は、膜へ吸収される水分を追いつく傾向があり、密度の高い膜をもたらす。密度の高い膜として、高温で堆積されたPSG膜は、膜の緻密化に更にステップを必要としない利点がある。PSG堆積膜の密度の高い種類は、約1000 $^{\circ}\text{C}$ より高い温度での後続のアニール或いは好ましくはCMPステップで平坦化されるPMD層としての使用に適合する。水分吸収耐性のほかに、高温で堆積した本PSG膜は良好な膜厚均一性、及び後続のデバイス問題を引き起こすことがあるボイド又は弱いシームを形成することなく良好なギャップフィルを与えることができる。高温PSG膜は、リンの取込みが良好である(約2 wt%~8 wt%)のでPMD層として特に有用であり、デバイス内で移動しかつ短絡を引き起こすナトリウム(Na⁺)イオンのような移動イオンをゲッターリング又は捕捉するのに重要である。

【0236】PSG堆積膜を堆積しかつ特性を測定する実験の上記の説明は、例えば、PMD層としての使用のための適合を示すものである。しかしながら、その説明は本発明の範囲を限定するものとしてみなされるべきではない。

【0237】C. 浅いトレンチ分離における酸化物充填層の使用

本発明の実施例による装置及び方法の操作を証明するために、USG膜を、例えば、浅いトレンチ分離のための高品質酸化物充填層として堆積する実験を行った。高品質酸化物充填層としてUSG膜を堆積させる前に、ウェハを、典型的には、ゲート電極、酸化物側壁、分離トレンチ等を形成するために複数の処理ステップに供した。実験では、Applied Materials 社製の耐熱Giga Fill(登録商標)Centuraチャンバ(全容量が約6リットルで200 mmウェハに準備された閉鎖系)内でUSG膜を堆積させた。

【0238】実験では、ウェハ上に充填層としてUSG膜を堆積させる前に、チャンバ15を所望堆積圧力にしかつガス/液体フローを安定化するために予備堆積ステップを行った。異なる堆積レシビに最適であるように予備堆積ステップが下記の説明(単に個々の具体的な実施例である)から変動されてもよいことが認識されることは当然のことである。予備堆積ステップはチャンバ壁上に不要な堆積を減少させ、堆積膜の均一な深さのプロファイルを得るのに寄与する。予備堆積ステップが起こる前に、ウェハを真空ロックドアを介してヒータ25上の真空チャンバ15に装填し、閉鎖する。ヒータ25を約550 $^{\circ}\text{C}$ の処理温度まで加熱し、予備堆積ステップ、堆積ステップ及び後堆積ステップの間中維持される。

【0239】第1予備堆積ステップでは、ヒータ25はガス分配プレート20から約15 mm(約600 mil)の位置にある。スロットバルブを約5秒間開けて、ヘリウムを約7000 sccmの流速で及びO₂を約2900 sccmの流速でチャンバ15へ導入する。中性ガス、ヘリウム及びO₂は、流速が安定化するためにまずチャンバ15へ導入される。ヘリウム及びO₂のそれらの流速は、予備堆積ステップの間中維持される。

【0240】第2予備堆積ステップでは、スロットバルブが閉められ、チャンバ15内の圧力が堆積圧力まで上げられる。第2予備堆積ステップは、約40秒未満続き、はじめはいくぶん所望の堆積圧力前後を変動してもよい圧力をチャンバ15内で安定化させる。ヒータ25は、第2予備堆積ステップ中にガス分配プレートから約9 mm(約350 mil)の処理位置へ移動させる。

【0241】第3予備堆積ステップでは、チャンバ15内圧力が約600 torrの堆積圧力に安定化されたときに液体TEOSを導入してTEOSとヘリウム(又は窒素)のフローを安定化させる。約2000 mqmのTEOS流速で、堆積ステップ前の第3予備堆積ステップ中の

約5秒間気化TEOSガスがヘリウム（又は窒素）キャリアガスと混合する。

【0242】チャンバ圧力、温度及びTEOS／ヘリウムガスフローが安定化しかつヒータ25の位置を調整したので、堆積処理が始められる。堆積ステップの始めにO2フローが終わり、O3(酸素約12.5wt%)を約5000 sccmの速度で導入する。液体であるので、TEOS源を液体注入系で気化させ、次に、不活性キャリアガスヘリウムと混合する。この混合液をガス分配プレート20からチャンバ15へ導入して反応性ガスをウェハ表面に供給し、そこで熱誘導化学反応が起こって所望のUSG膜を生じる。上記の条件により、約1450オングストローム／分の速度で堆積したPSG膜が得られる。堆積時間を制御することにより、厚さが約10000オングストロームのUSG膜が上記の処理条件で約414秒で形成される。

【0243】USG堆積後、パージステップが行われ、即ち、水分耐性を与えるために堆積USG膜の安定性を最適化する。約3秒間続くパージステップでは、堆積条件が維持され、TEPOフローが終わる。

【0244】USG堆積ステップ及びパージステップ後、チャンバ圧力のランピングダウンを制御するために及びガスシャットアウトを制御するために後堆積ステップが用いられる。圧力及びガスシャットアウトを調整することにより、後堆積ステップは、ウェハ汚染及び損傷を引き起こすことがある粒子形成を減じるのを援助する。

【0245】個々の実施例においては、3段の後堆積ステップを用いた。上記終結ステップ直後の第1後堆積ステップでは、バイパスバルブによってポンプで送ることによりチャンバ15へのキャリアガスフローが終わる。スロットバルブを定期的に開けて約15秒続く第1後堆積ステップ中にチャンバ圧力を徐々にランピングダウンするように、ヒータ25をガス分配プレート20から約15mm(約600mil)の位置に移動させる。第2後堆積ステップでは、スロットバルブを定期的に開けてチャンバ圧力のランピングダウンを続け、チャンバ15へのO3フローを続ける。また、約15秒続く第2後堆積ステップ中にヒータ25をプレート20から約15mm(約600mil)の位置まで下に移動させる。約3秒続く第3後堆積ステップでは、スロットバルブを開け、最終バルブによってポンプで送ることによりチャンバ15へのO3フローを終わる。

【0246】高品質酸化物充填層として用いられるのに適したUSG堆積用上記実験条件は、スループットの高い最良の膜質を与えるのに最適である。浅いトレンチ分離被覆では、堆積USG膜は非常に密度の高いかつ均一な膜であることに加えてボイドのないギャップフィル（典型的には約85°の適度な確度で）が可能でなければならぬ。USG堆積膜は、良好な膜厚均一性を示し

た。詳しくは、USG堆積膜の約5000オングストローム厚の膜厚均一性(49pt. 1σ)は約1.5未満であることが測定された。

【0247】図55及び図56は、本発明の個々の実施例に従って、約1050℃でのリフロー及び6:1緩衝酸化物エッチング(BOE)後に各々約400℃及び約550℃で堆積したTEOS/O₃ USG膜の相対ギャップフィル性能を示す顕微鏡写真である。特に、図55は、約1050℃でのリフロー後に約400℃で堆積したUSG膜である充填層を有する幅が約0.35μm及び深さが約0.70μm(約2:1のアスペクト比のギャップ)のトレンチ構造を示す写真である。図55は、USG膜中の大きなボイドを示す写真であり、約400℃で堆積したUSG膜がほとんど密度が高くなかつ縮みやすく見えることを示している。ある程度までUSG膜を緻密化することができる約1000℃より高い温度でのリフロー後でさえ、約400℃の温度で堆積したUSG膜はほとんど密度が高くなかつボイドを開けずに高温のアニール又は後続のウェットエッチング処理に耐えられない。比較として、図56は、約1050℃でのリフロー及び後続のウェットエッチング処理後に約550℃で堆積したUSG膜であるボイドのない充填層を有する幅が約0.18μm及び深さが約0.45μmの(約2.5:1アスペクト比ギャップ)トレンチ構造を示す写真である。約550℃で堆積したUSG膜は、図55及び図56から見られるように400℃で堆積したUSG膜と異なりリフロー後にボイドを形成せずに高アスペクト比ギャップを充填することができる。極めて均一なエッチング速度でのエッチング処理後、約550℃で堆積したUSG膜はボイドを開けずに優れたステップカバレッジを保持する。

【0248】約550℃で堆積したUSG膜の高アスペクト比ギャップ充填性能の証明として、本発明の個々の実施例による約1000℃でのアニール及び後続のウェットエッチング処理後の堆積USG膜のギャップフィル性能を示す顕微鏡写真である。図57は、約1000℃でのリフロー後に約550℃で堆積したUSG膜である充填層を有する幅が約0.16μm及び深さが約0.48μmの(アスペクト比約3:1のギャップ)トレンチ構造を示す写真である。図57のトレンチ構造は、図55及び図56に示されたトレンチ構造より小さい間隔及び大きいアスペクト比を有し、約550℃で堆積したUSG膜の優れたギャップ充填性能を示す。

【0249】高アスペクト比の優れたギャップフィル性能のほかに、約550℃で堆積したUSG膜は水分吸収に対する耐性の大きい密度の高い膜であることが有利である。堆積したPSG堆積膜の水分吸収は、慣用のFTIR法を用いて測定した。図54は、個々の実施例により次の具体的な処理条件下で約550℃で堆積したPSG膜のFTIRスペクトルを示す写真である。個々の実

施例によれば、具体的な処理条件は、約600 torrの圧力で約2000 mgmのTEOSフロー、約7000 sccmのヘリウムフロー及び約5000 sccmのオゾン（酸素約12.5wt%）フロー及びヒータ25とガス分配プレート20間の約9mm（約350mil）の間隔が含まれる。図58に見られるように、約600℃で堆積したUSG膜のFTIRスペクトルは低水分吸収を示した（約1wt%未満の水分）。更に、図58は、約0.5wt%未満の水分の増加が堆積後の約160時間にわたって見られることを示し、長期間にわたるPSG膜の安定性を示した。

【0250】従って、図58によって支持されるように、USG堆積膜は密度が高く水分吸収耐性がある。高温、例えば、約550℃でのUSG膜の堆積は、膜へ吸収される水分を追い出す傾向があり、密度の高い膜をもたらす。密度の高い膜として、高温で堆積したUSG膜は、低い温度で堆積されたUSG膜に比べてアニーリングステップ及び後続のウェットエッチング処理後にボイド形成をもたらす縮みややすさが小さい利点がある。PSG堆積膜の密度の高い種類は、浅いトレンチ分離被覆に用いられるトレンチを充填する高品質酸化物層としての使用に適合する。高密度のために、高温で堆積した酸化物充填層として用いられたUSG膜は、後続のアニール或いはCMPステップによって平坦化され、ボイドを開ける確度が最少になる。水分吸収耐性及び良好な膜厚均一性のはかに、高温で堆積した本USG膜は、後続のデバイス問題を引き起こすことがあるボイド又は弱いシームを形成することなく優れた高アスペクト比を与えることができる。

【0251】通常、高圧O₃/TEOS USG膜はパターン又は表面感受性作用を示すことがあり、一様でない堆積を生じ望ましくない。一様でない堆積による問題は高いO₃/TEOS比で悪化することがわかった。有利には、少なくとも約550℃のような高温でのUSG膜の堆積には十分な堆積速度を得るために多くのTEOSの使用が必要である。従って、高温で堆積したUSG膜のO₃/TEOS比は低く（約5:1未満）、パターン又は表面感受性作用を除去する。更に、膜質（例えば、密度、縮み等）は高温で堆積したUSG膜が高い。高温堆積USG膜の高密度のために、プラズマ緻密化処理又はプラズマ酸化物キャップは必要なく、ウェハに対するプラズマ損傷を回避する。従って、チャンバ内のそのような処理からのプラズマの欠陥は金属混入の可能性及びウェハでのデバイスの短絡の可能性を減少させる。たいていプラズマ緻密化処理又はプラズマ酸化物キャップが必要でありかつアニール後にボイドを開けるために縮むことがある低温熱USG膜に比べて、本発明に従って約550℃の温度で堆積した熱USG膜は、ギャップフィル性能が優れ、縮みが最小であり、膜密度が均一であり、プラズマ損傷することなく金属混入が少ない。

【0252】上記の実験の説明は、例として、浅いトレ

ンチ分離に対して高アスペクト比のトレンチを充填する高品質酸化物層として使用するための堆積USG膜の適合を示すものである。IMD被覆用に500℃より低い温度でUSG膜を堆積するために同じCVD装置が用いられる。上記の説明が本発明の範囲を制限するものとしてみなされないことは当然のことである。

【0253】上記の説明は、例示であり限定されるものでないことは理解されるべきである。多くの実施例は、上記の説明を再検討する際に当業者に明らかになるであろう。例として、本発明は本明細書で主にUSG、BSG、PSG及びBPSGプロセスレシピに関して示したがそれに限定されない。例えば、他の実施例に従って形成された誘電膜はヒ素ドーパ酸化シリコン膜又は他のドーパ膜とすることができる。他の例として、誘電膜の堆積をヘリウムのようなキャリアガスを用いて記載してきたが、アルゴン又は窒素のような他のキャリアも同様に用いられる。更に、一例として誘電層をドーパ接合形成、PMD層、IMD層、酸化物充填層、キャッピング層等を含む個々の被覆について記載してきた。上記の同じCVD装置が約400℃より低い温度及び500℃より高い温度で誘電層を堆積させるために用いられることが認識されることは当然のことである。更に、本発明の種々の態様が他の被覆にも用いられる。当業者は、本発明の特許請求の範囲内に保ちつつ誘電層を堆積する他の装置又は別の方法を認識するであろう。従って、本発明の範囲は、上記の説明について決定されるべきではなく、かかる特許請求の範囲が権利を与える等価物の完全な範囲と共に上記特許請求の範囲について決定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のCVD装置の縦断面図である。

【図2】マルチチャンバ系におけるシステムモニタ及びCVD及び装置10の簡易線図である。

【図3】クリーンルームに位置したガス供給パネル80に関するCVD装置10の概略図である。

【図4】個々の実施例によるシステム制御ソフトウェア、コンピュータプログラム150の階層的制御構造のブロック図である。

【図5】具体的なヒータ制御サブルーチンのブロック図である。

【図6】本発明のCVD装置10の好適実施例の組立分解図である。

【図7】図2のライン3-3に沿って取った部分的に概略の縦断面図である。

【図8】図2の装置の半導体処理チャンバの拡大断面図である。

【図9】図2の装置のガス分配系の組立分解図である。

【図10】ガス分配系の一部を示すCVD装置10のリッドアセンブリの部分的に切り離した平面図である。

【図11】洗浄ガスのバイパス導管を組込んでいるC

D装置10の代替的リッドアセンブリの前断面図である。

【図12】洗浄ガスのバイパス導管を組込んでいるCVD装置10の代替的リッドアセンブリの平面図である。

【図13】本発明の実施例のチャンバライナーの側面図である。

【図14】本発明の実施例のチャンバライナーの底面図である。

【図15】図2のCVD装置10の排気系のポンプチャネル及びガスフローパターンを示すライン8-8に沿って取った図3の部分的略断面図である。

【図16】本発明の実施例のヒータ／リフトアセンブリの部分的略縦断面図である。

【図17】図16のヒータ／リフトアセンブリの底面部分の拡大断面図である。

【図18】本発明の実施例の図16のベDESTAL／ヒータアセンブリの側断面図である。

【図19】ヒータコイルを示すベDESTAL／ヒータの底面図である。

【図20】図16のヒータ／リフトアセンブリの組立分解図である。

【図21】図17のベDESTAL／ヒータ内の電気接続部分の1つの拡大図である。

【図22】熱電対を入れるベDESTAL／ヒータ内の孔を示す拡大断面図である。

【図23】熱電対を入れるベDESTAL／ヒータ内の熱電対を示す断面図である。

【図24】本発明の実施例のウェハ及び／又はプロセスチャンバを洗浄するリモートマイクロ波プラズマ系の簡易線図である。

【図25】本発明の実施例の洗浄終点検出系の概略図である。

【図26】本発明の実施例の洗浄終点検出系の概略図である。

【図27】本発明の実施例の洗浄終点検出系の概略図である。

【図28】本発明の実施例の洗浄終点検出系の概略図である。

【図29】本発明の実施例に従って製造された半導体デバイスの簡易断面図である。

【図30】超薄ソース／ドレイン接合部分についての本発明の方法及び装置の具体的適用の簡易断面図である。

【図31】超薄ソース／ドレイン接合部分についての本発明の方法及び装置の具体的適用の簡易断面図である。

【図32】超薄ソース／ドレイン接合部分についての本発明の方法及び装置の具体的適用の簡易断面図である。

【図33】超薄ソース／ドレイン接合部分についての本発明の方法及び装置の具体的適用の簡易断面図である。

【図34】超薄ソース／ドレイン接合部分についての本発明の方法及び装置の具体的適用の簡易断面図である。

【図35】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図36】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図37】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図38】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図39】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図40】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図41】超薄トレンチ分離についての本発明の方法及び装置の他の具体的適用の簡易断面図である。

【図42】本発明の個々の実施例のリモートマイクロ波プラズマ系55を備えた最適洗浄速度を与えるNF₃流速とマイクロ波飽和電力間の関係を示すグラフである。

【図43】本発明の実施例に従って製造されたキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示すグラフである。

【図44】本発明の実施例に従って製造されたキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示すグラフである。

【図45】本発明の実施例に従って製造されたキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示すグラフである。

【図46】本発明の他の実施例の別のキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示す図である。

【図47】本発明の他の実施例の別のキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示す図である。

【図48】本発明の他の実施例の別のキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示す図である。

【図49】本発明の他の実施例の別のキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分の面積抵抗を示す実験結果を示す図である。

【図50】本発明の他の実施例の別のキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分のドーパントプロファイルを示す実験結果を示す図である。

【図51】本発明の他の実施例の別のキャップしたBSG膜を用いて生成された超薄接合部分の面積抵抗を示す実験結果を示す図である。

【図52】本発明の個々の実施例に従って600℃で堆積したPSG膜のアズ堆積ギャップ充填能力を示す顕微鏡写真である。

【図53】図52に示された構造部分の簡易線図である。

【図54】個々の実施例の具体的なプロセス条件下で約

600℃で堆積したPSG膜のFTIRスペクトルを示す図である。

【図55】本発明の個々の実施例の約1050℃で加熱し引き続きウェットエッチング処理した後の約400℃で堆積したTEOS/O₃ USG膜の相対ギャップ充填能力を示す顕微鏡写真である。

【図56】本発明の個々の実施例の約1050℃で加熱し引き続きウェットエッチング処理した後の約550℃で堆積したTEOS/O₃ USG膜の相対ギャップ充填能力を示す顕微鏡写真である。

【図57】本発明の個々の実施例の約1000℃で加熱し引き続きウェットエッチング処理した後に約550℃で堆積したUSG膜のギャップ充填能力を示す顕微鏡写真である。

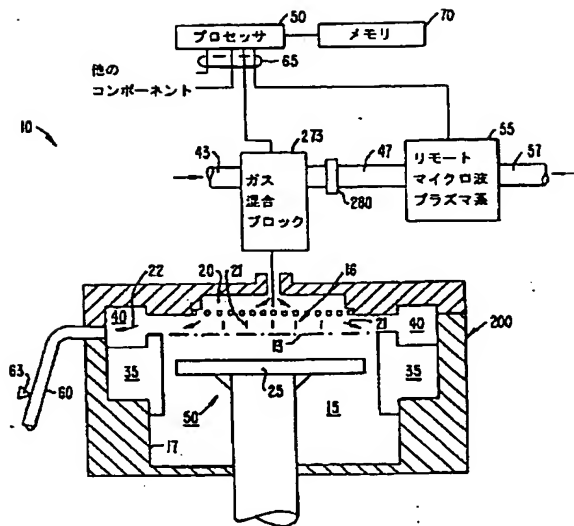
【図58】個々の実施例の具体的なプロセス条件下約550℃で堆積したUSG膜のFTIRスペクトルを示す図である。

【符号の説明】

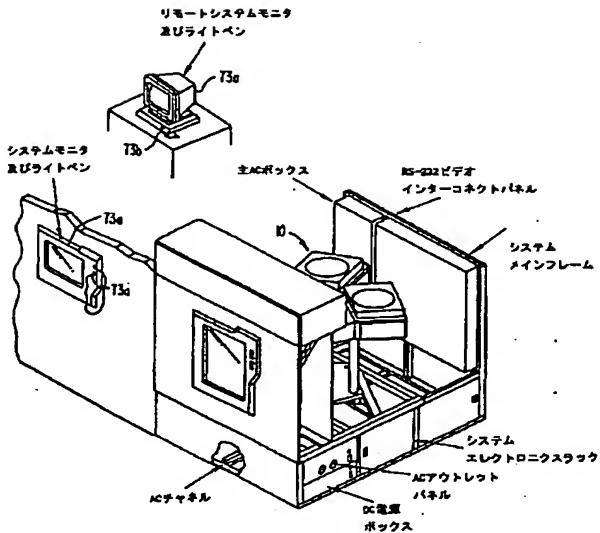
10…CVD装置、13…処理位置、15…チャンバ、16…プロセスチャンバ、17…チャンバ壁、20…プレート、21…ウェハ表面、25…ヒータ、30…ヒータ/リフトアセンブリ、32…外部リッドアセンブリ、35…チャンバライナー、40…ポンプチャネル、43…供給ライン、導入管、47…導管、50…プロセッサ、55…リモートマイクロ波プラズマ系、57…ライン、60…排気ライン、63…スロットバルブ系、70…メモリ、73a…モニタ、73b…ライトベン、75…メインフレームユニック、80…ガス供給パネル、83…ライン、85…ライン、90…供給源、93…混合系、95…バルブ、100…マスフローコントローラ、157a～c…チャンバマネージャサブルーチン、159…終点検出制御サブルーチン、160…基板配置サブルーチン、163…プロセスガスサブルーチン、165…圧力制御サブルーチン、167…ヒータ制御サブルーチン、169…ゲッタリング制御サブルーチン、170…プラズマ制御サブルーチン、200～202…シャフト、205…ガス分配系、210…排気系、215…液体冷却系、217、219…水接続部分、220…水流検出器、225…外部リッドアセンブリ、230…内部リッドアセンブリ、230'…リッドアセンブリ、233…カバー、235…切り抜き、237…リッドクランプ、239…リッドヒンジ、241…ロック機構、243…スリット、245…内壁、250…ライナー、252…シェルフ、253…内部、254…環状リッド、255…外部ライナー、259…エアギャップ、261、261'…環状カバー、26

5…ベースプレート、270、277…クリーンガスマニホールド、281…作動ハンドル、290…入口、291…内部ライナー、292…アプリータ管、293…通路、295…内部通路、297…外部通路、301…ガス分散プレート、303、305…取り付けねじ、311…みぞ、313…外部フランジ、315…孔、316…外部スタンドオフ、317…チャンバ、318…スタンドオフ、320…チャンバ、321…円板、325…ガス分散孔、327…中央孔、333…スロットバルブ、343…みぞ、345…環状キャップ、351…矢印、355…スロット形オリフィス、361…ガス通路、排気口、363…真空シャットオフバルブ、371…分離バルブ、373…スロットバルブ、381、383…キャパシタンス、マノメータ、385…コントローラ、391…上支持シャフト、393…下支持シャフト、395…リフト管、400…駆動アセンブリ、403…ウェハ支持表面、405…フランジ、407…ステッパモータ、411、413…ベローズ、420…ストライクプレート、430…ウェハ支持/リフトフィンガ、432…ガイドスタッド、440…ヒータコイルアセンブリ、445…中空コア、453…開口、457…シーリング部材、コンダクタワイヤ、461…垂直可動支持体、466…入口、出口、471…ヒータコイル、473…ヒータ要素、474…第2電氣的接触部分、475…リード線、477…挿入部分、491…熱電対、493…エロンゲード管、495…センサ、500…環状冷却剤チャネル、502…環状流体チャネル、511…ヒータワイヤ端、513…熱電対管端、701…整合系、705…サーキュレータ、707…負荷、711…マグネトロン、721…導波管区分、733…UV電源、800…終点検出系、802…検出器、804…ハウジング、806…通し穴、808、810…フランジ、812、813…窓、814…供給源、816…検出器、880…終点検出系、900…集積回路、903、906…トランジスタ、915…ドレーン領域、920…電界酸化物領域、921…含金属誘電層、924…コンタクト、926…ビア、927～929…内部誘電層、930…平坦化活性化層、942、944、946…金属層、1000…トランジスタ、1002…ゲート電極、1004…半導体材料、1006…電界酸化物領域、1008…ドープ誘電層、1010、1012…ソース/ドレーン領域、1020…超薄接合部分、1030…キャッピング層、1100…半導体材料、1102…トレンチ、1104…マスク、1106…ドープ誘電層、1108…超薄チャネルストップ領域、1110…キャップ層、1112、1114…デバイス。

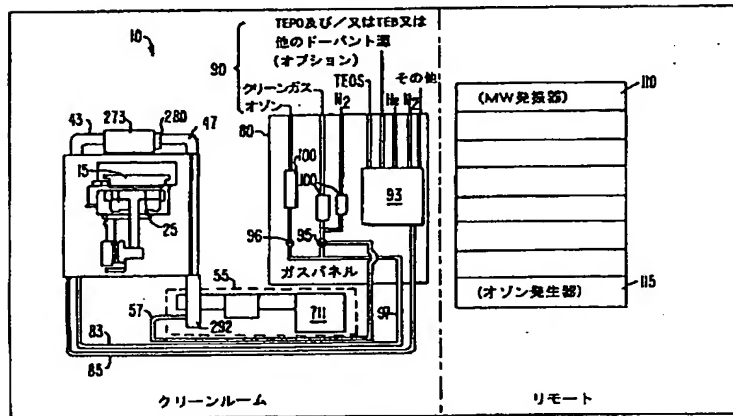
【図1】



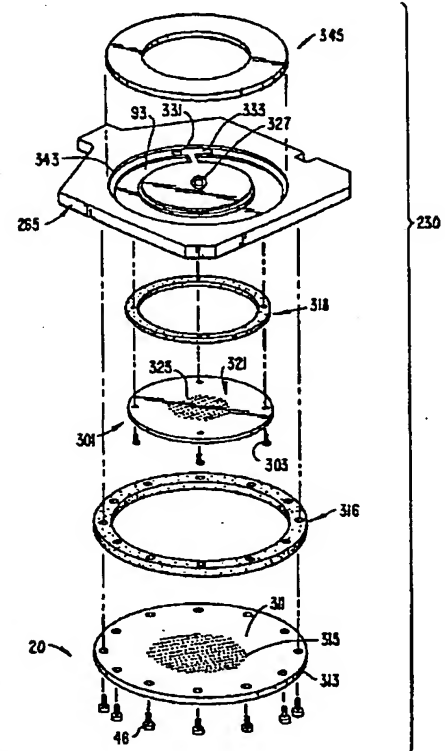
【図2】



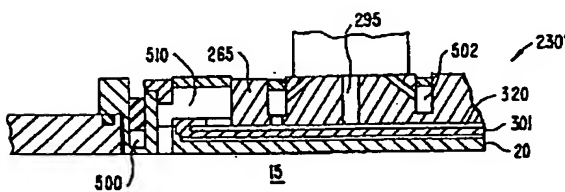
【図3】



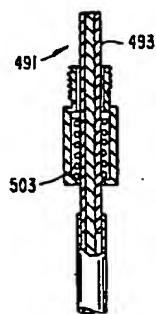
【図9】



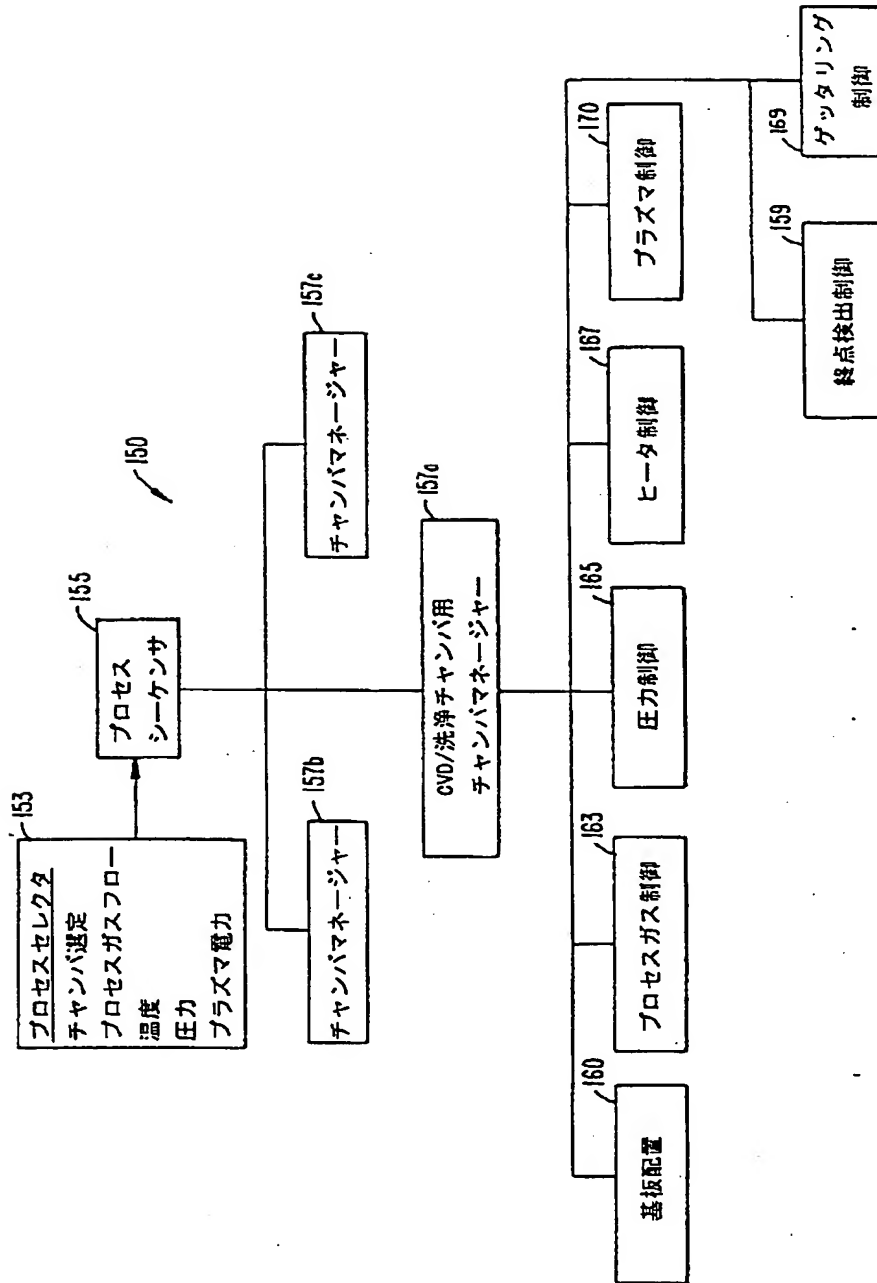
【図11】



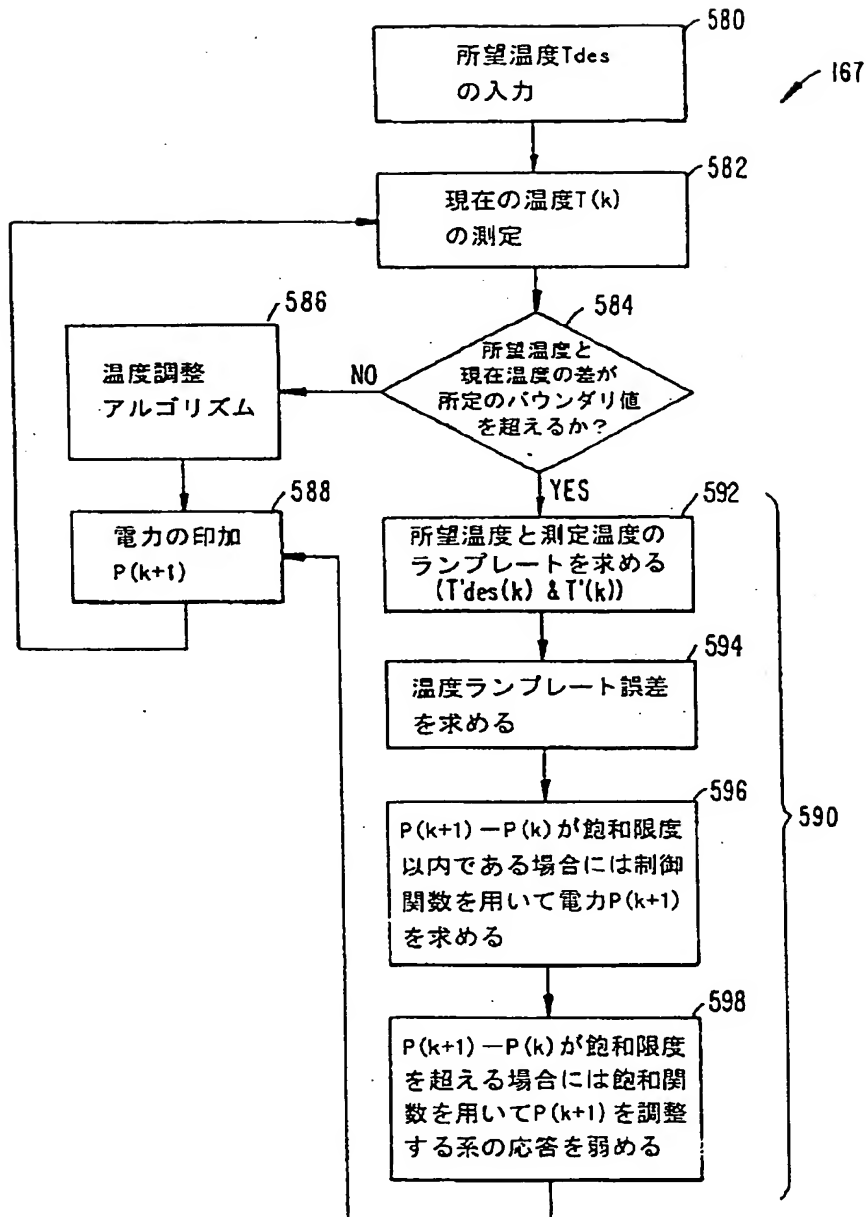
【図23】



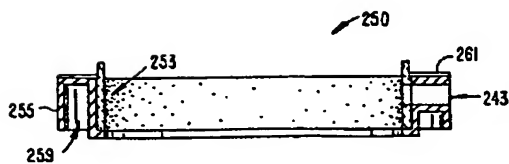
【図4】



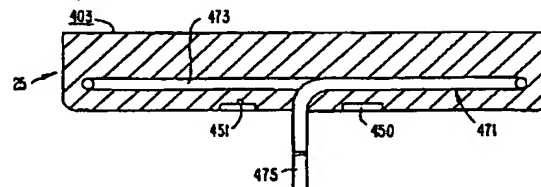
【図5】



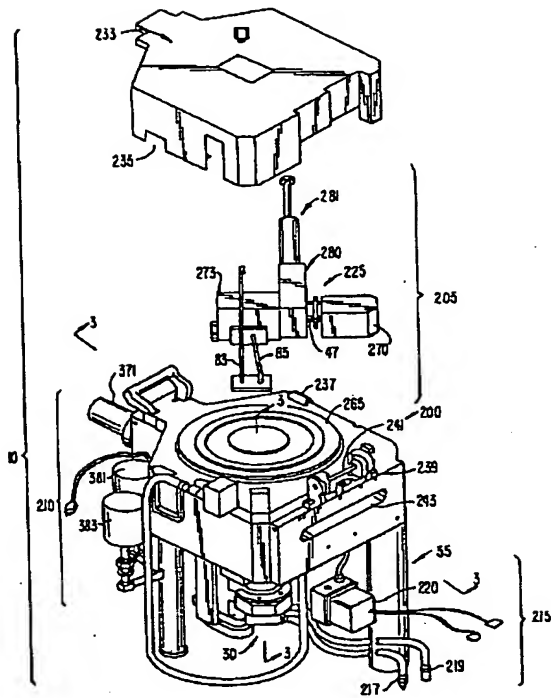
【図14】



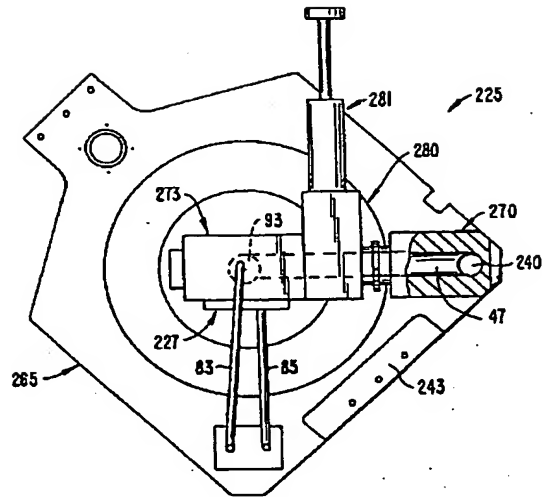
【図18】



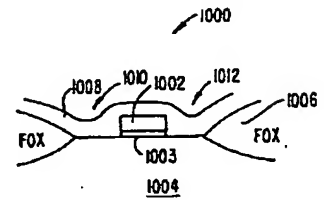
【図6】



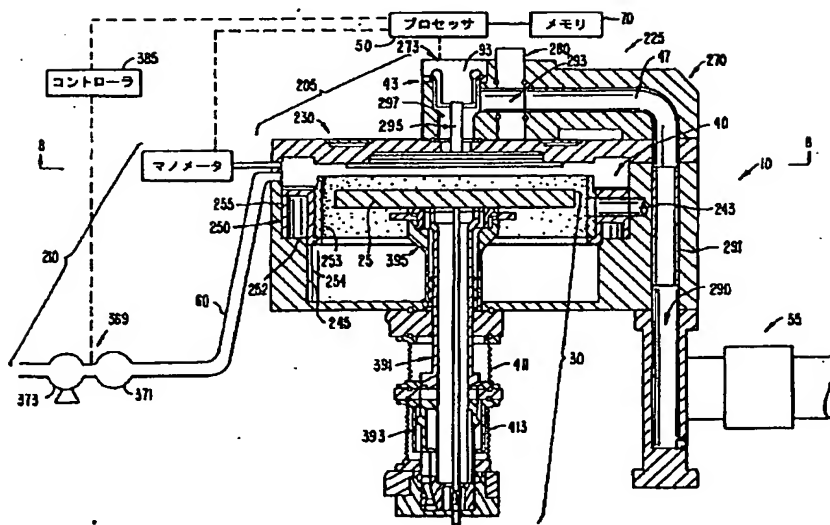
【図10】



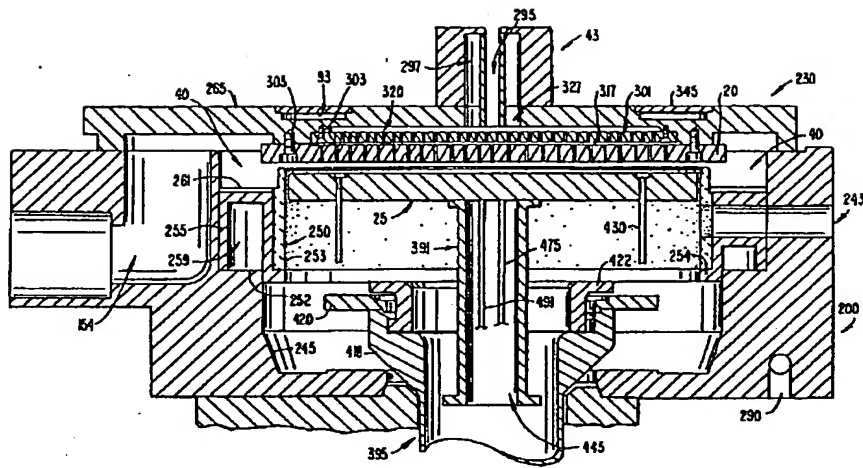
【図30】



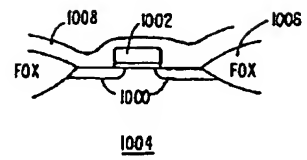
【図7】



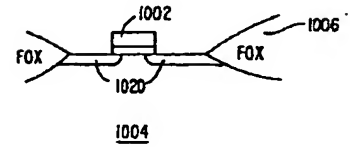
【図8】



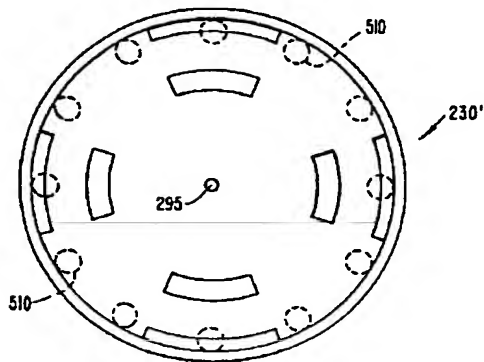
【図31】



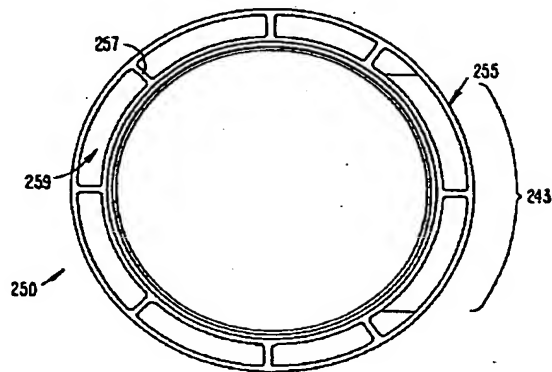
【図32】



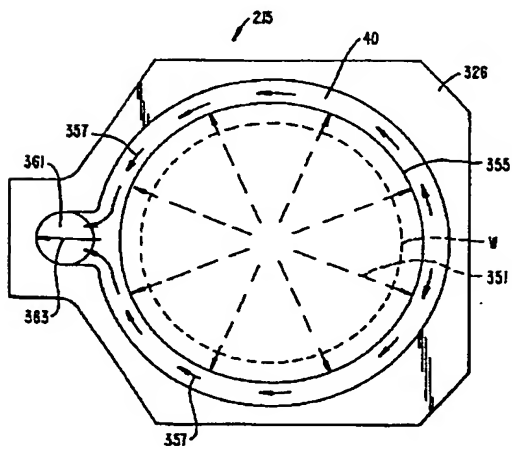
【図12】



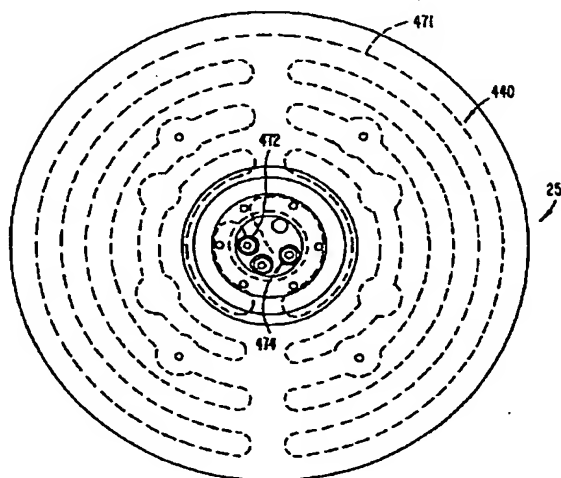
【図13】



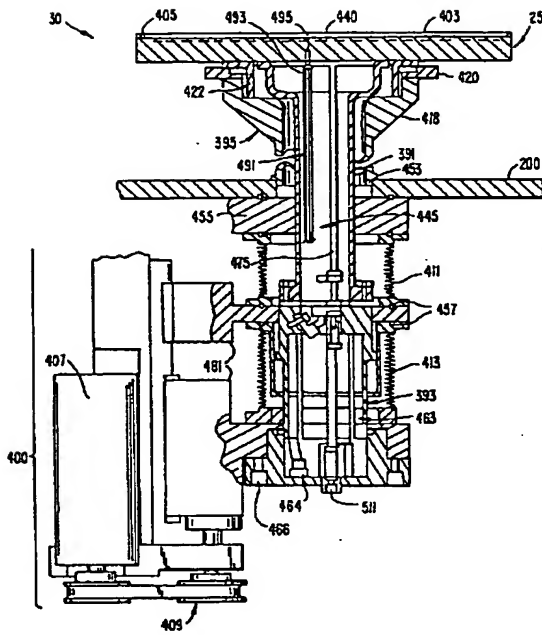
【図15】



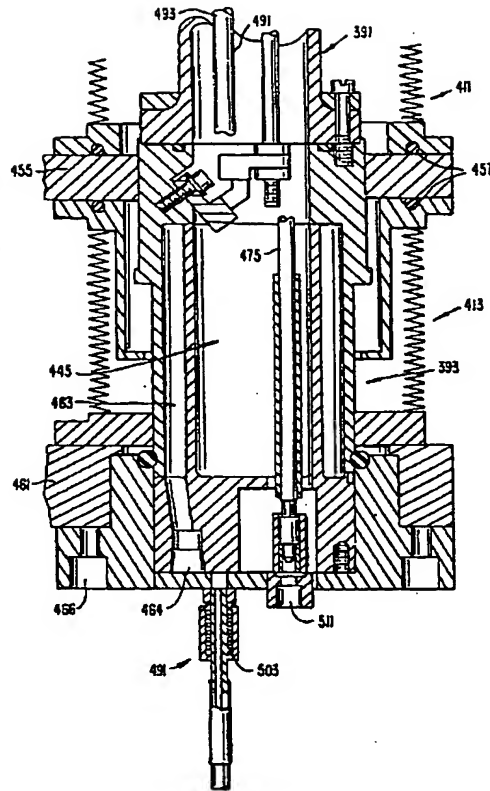
【図19】



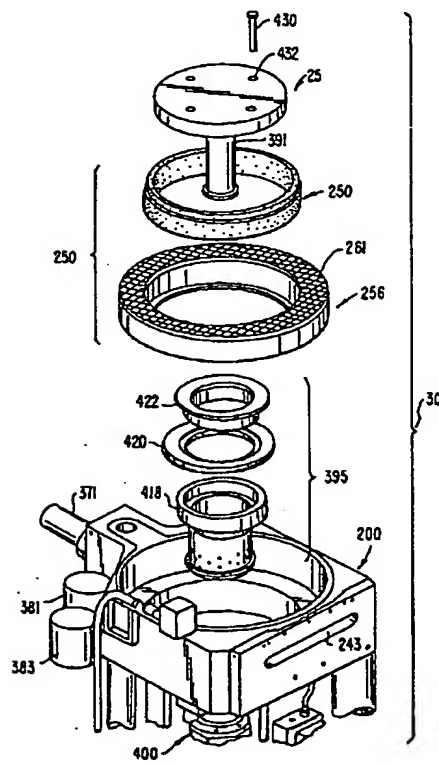
【図16】



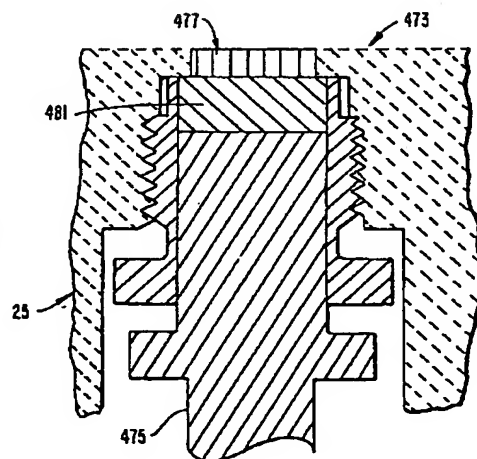
【図17】



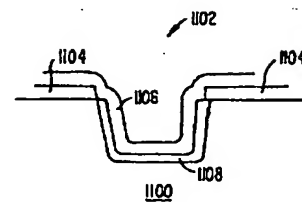
【図20】



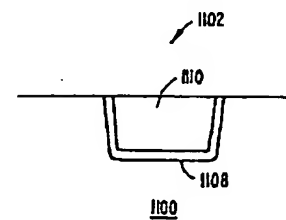
【図21】



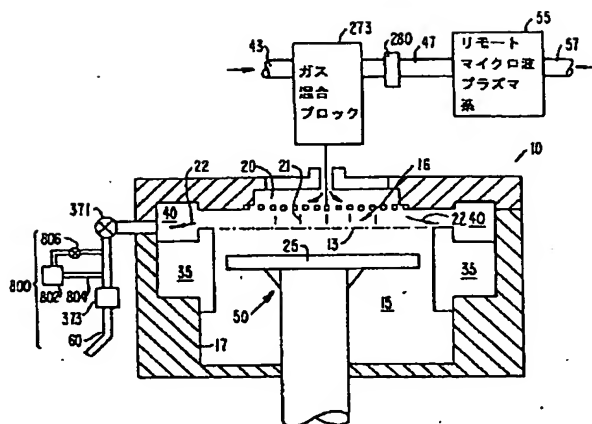
【図36】



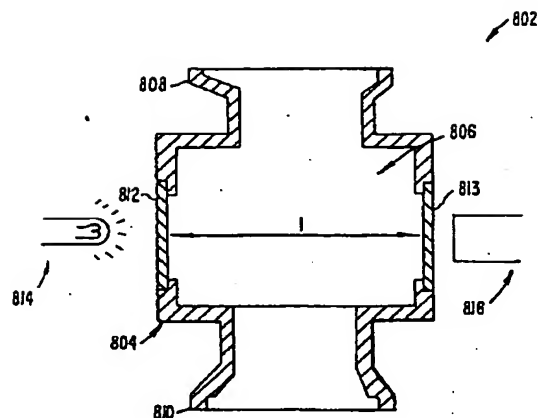
【図38】



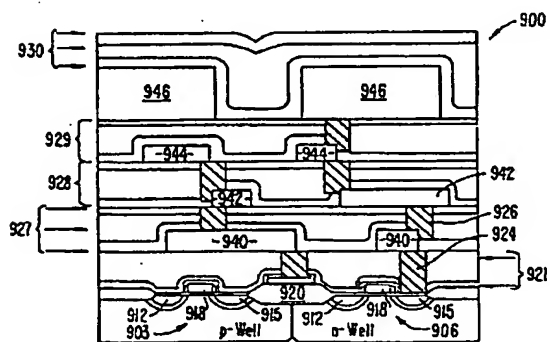
【図27】



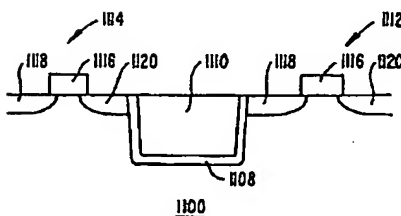
【図28】



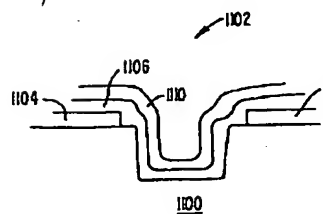
【図29】



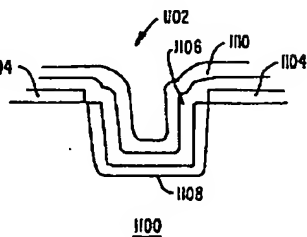
【図39】



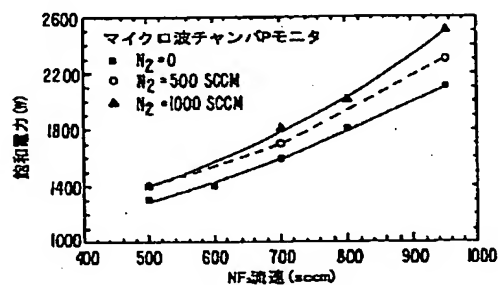
【図40】



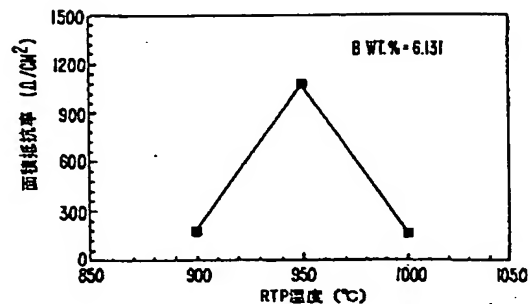
【図41】



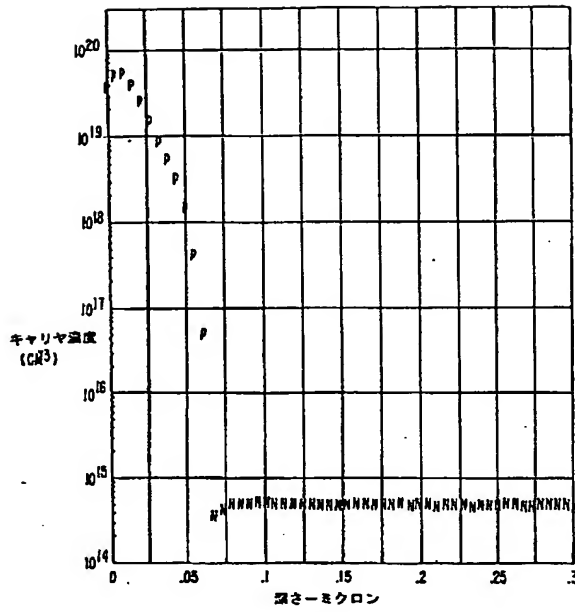
【図42】



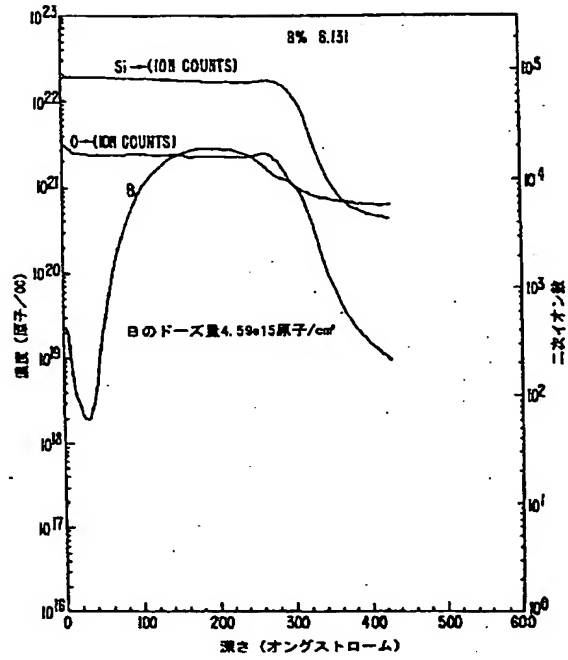
【図49】



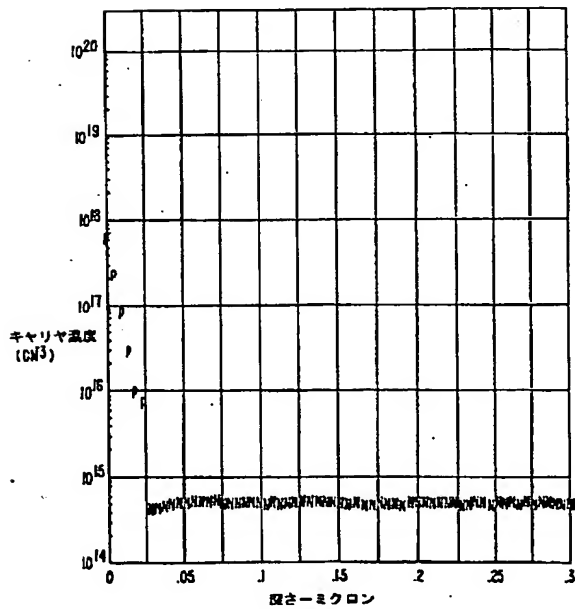
【図43】



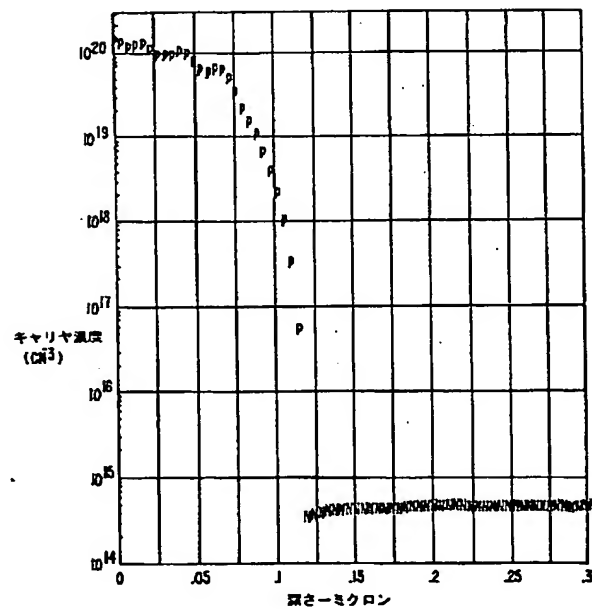
【図44】



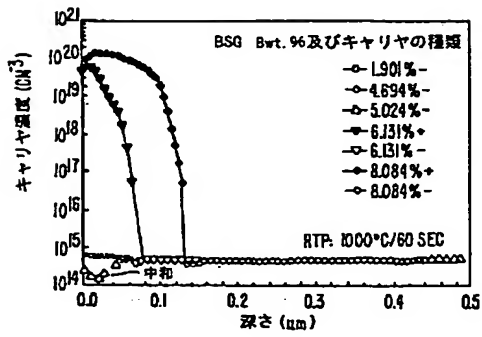
【図45】



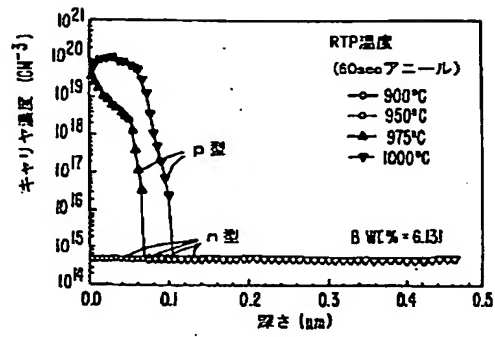
【図46】



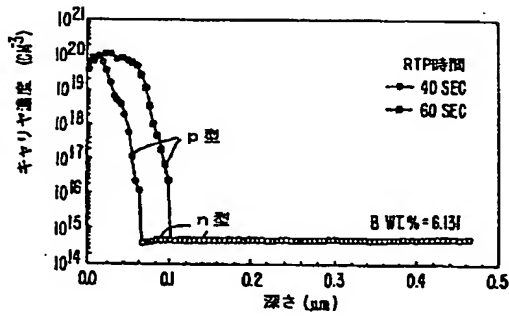
【図47】



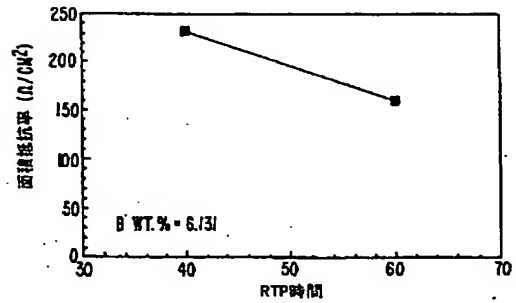
【図48】



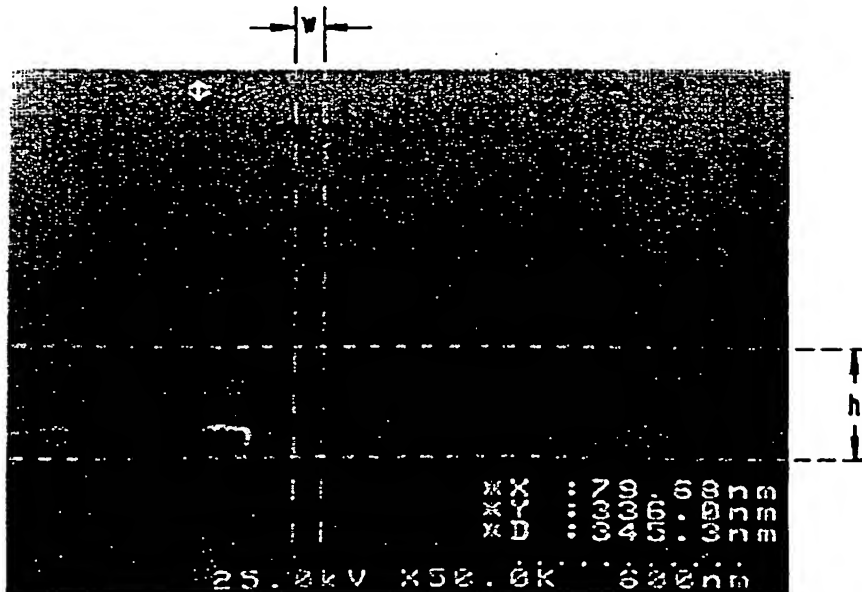
【図50】



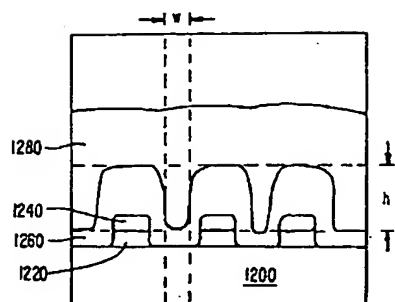
【図51】



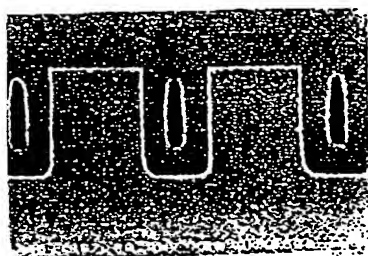
【図52】



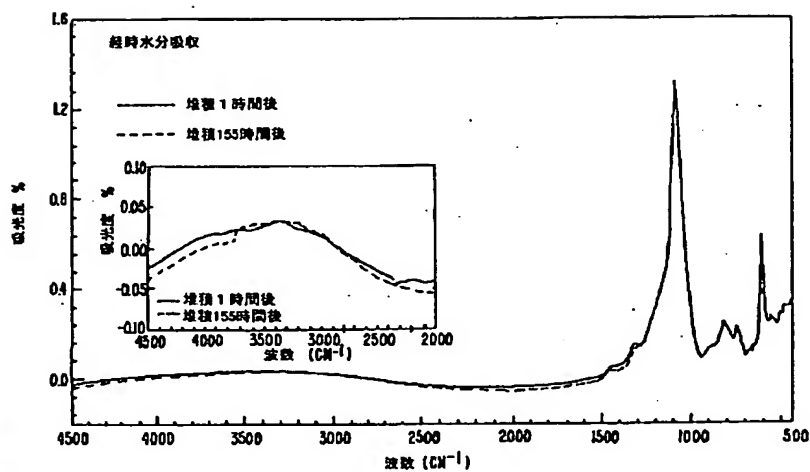
【図53】



【図55】



【図54】



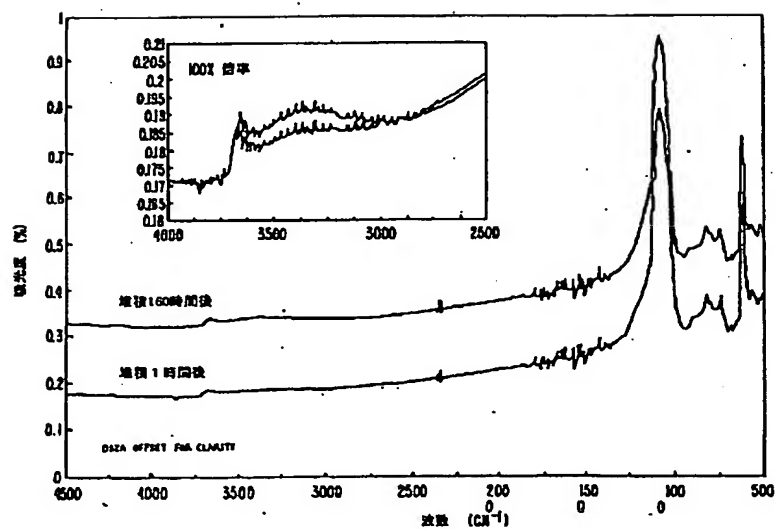
【図56】



【図57】



【図58】



フロントページの続き

(72)発明者 シュリニヴァス ネマニ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
サン ノゼ、バルサモ ドライヴ 6227

(72)発明者 エリー イー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
ミルブレイ、シャムロック コート 12